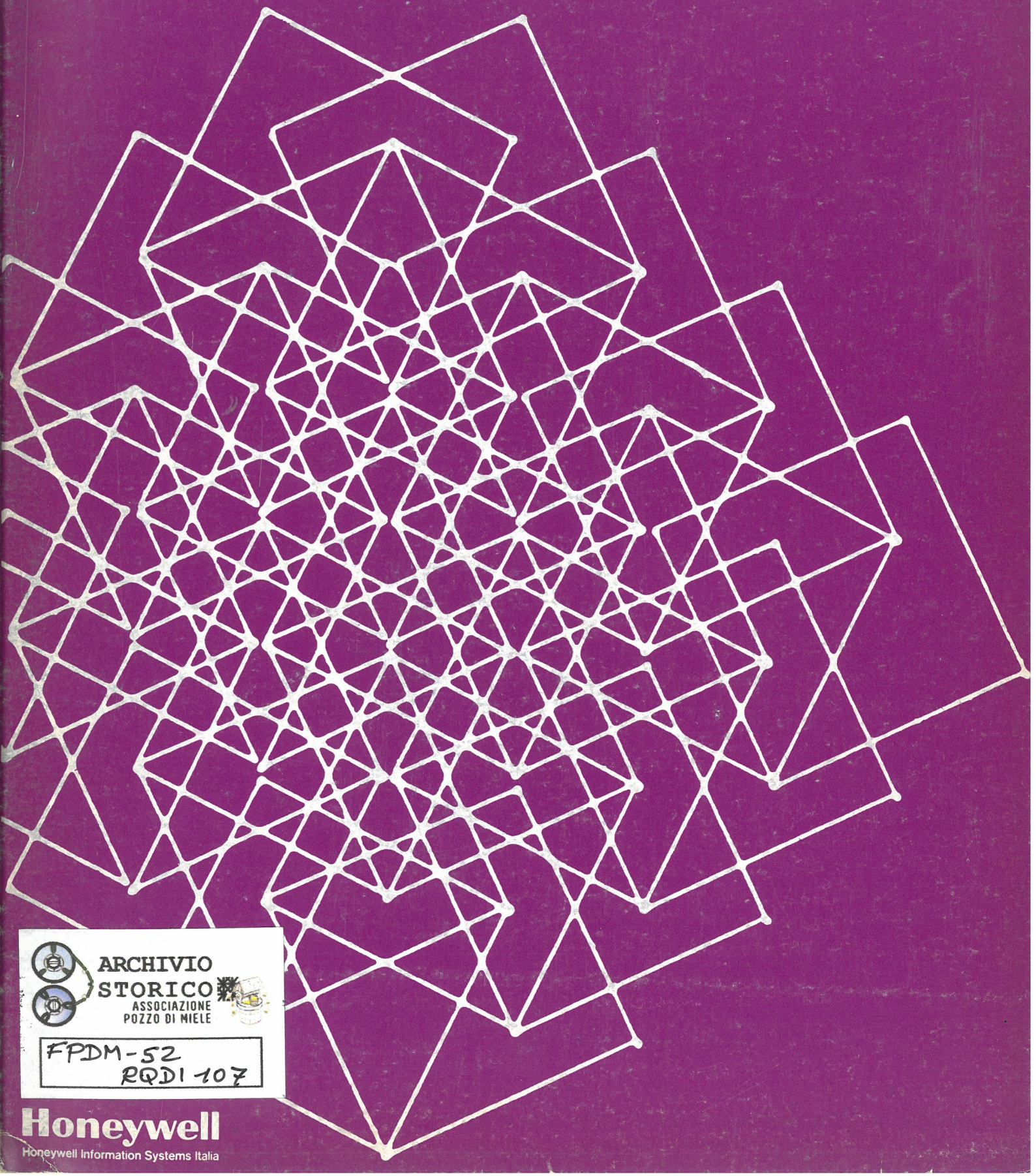
Quaderni di informatica

9

Rassegna di tecnologia ed applicazioni degli elaboratori elettronici - Anno V - Numero 1 - 1978



ARCHIVIO STORICO
ASSOCIAZIONE POZZO DI MIELE
FPDM-52
RQD1 107

Honeywell
Honeywell Information Systems Italia

FPDM-52

Quaderni di informatica

Rassegna di tecnologia ed applicazioni degli elaboratori elettronici
Anno V - Numero 1 - 1978

Sommario

Reti di elaboratori:
la trasmissione dei dati con commutazione di pacchetto

Nelle reti di calcolatori, il tema dell'elaborazione si intreccia con quello della trasmissione dei dati. In questa area, la tecnica della commutazione di pacchetto ha aperto nuove e importanti prospettive che vengono qui esaminate anche alla luce di esperienze concrete.
D. A. WALSH

Redditività economica e aspetti organizzativi
nelle applicazioni informatiche

È possibile considerare l'investimento in informatica alla stessa stregua degli altri tipi di investimento? Questo articolo fornisce una risposta documentata a questo interrogativo, sottolineando come nella valutazione non ci si debba arrestare ai benefici "tangibili".
G. OCCHINI

La conduzione e l'organizzazione del lavoro
nei progetti software

Notoriamente lo sviluppo del software, specie per grossi progetti, coinvolge non facili problematiche di pianificazione e organizzazione delle attività. Risulta quindi opportuno un riesame critico delle proposte sin qui formulate a tale proposito.
F. LIGUORI, F. A. SCHREIBER

Sulla utilizzazione dell'elaboratore nella linguistica

Tra gli impieghi non convenzionali dell'elaboratore va annoverata l'analisi linguistica. In questo articolo si fa il punto su quella che costituisce ormai una vera e propria disciplina, la "linguistica matematica".
C. MINNAJA

L'elaborazione elettronica nell'industria manufatturiera italiana

In questo articolo, oltre a presentare un quadro attuale e prospettico dell'informatica nel settore considerato, si cercano interpretazioni e collegamenti quali, in particolare, tra livello di automazione e indicatori dell'efficienza aziendale.
B. SPATARO

Direttore Responsabile
F. Filippazzi

Comitato di Redazione
C. Falcetti, P. Lupo, N. Minnaja,
G. Occhini, G. Rapelli, F. Ricci,
M. Speranza

Redazione
Honeywell Information Systems Italia
Centro di Ricerca e Progettazione
20010 Pregnana Milanese (Milano)

Stampa
La Tipocromo - Milano

Autorizzazione del Tribunale di Milano
n. 93 del 20 Marzo 1974

« Quaderni di Informatica » ospita articoli e contributi di varia provenienza. La responsabilità delle opinioni espresse rimane agli Autori.

La riproduzione di articoli della rivista, o di parte di essi, è consentita solo citando la fonte e l'autore.

Reti di elaboratori: La trasmissione dei dati con commutazione di pacchetto

DOROTHY A. WALSH
Consulente EDP

1. Introduzione

Negli ultimi anni - e principalmente grazie alla riduzione del rapporto costo/prestazioni dell'hardware degli elaboratori elettronici - è in atto un deciso orientamento alle appplicazioni con le reti di elaboratori.
Pur senza entrare nel merito delle numerose e varie ragioni che possono oggi far preferire un approccio distribuito per la moderna informatica, è comunque evidente che il successo di soluzioni distribuite - e quindi la diffusione dei benefici che esse possono offrire - è condizionato dall'efficienza con cui si possono attuare le comunicazioni tra gli elaboratori della rete.
In quest'articolo si discute una delle più interessanti tecniche di comunicazione nelle reti di calcolatori, che si ritiene sarà elemento dominante nella filosofia ed architettura delle reti più avanzate. Saranno illustrati inoltre i motivi per cui questa tecnica di trasmissione dei dati, detta a "commutazione di pacchetto" (packet switching) è destinata a diffondersi sempre più nelle reti di elaboratori.

2. La rete di elaboratori ed i servizi di rete

In una tipica rete di elaboratori si posssono distinguere - almeno sul piano delle principali funzioni - due tipi di elaboratori: i cosidetti "host-computer", destinati ad effettuare le elaborazioni applicative vere e proprie, ed elaboratori di intercomunicazione, o di transito, detti anche più generalmente elaboratori di interconnessione, il cui scopo principale è quello di gestire le comunicazioni tra i vari host-computer della rete. L'insieme degli elaboratori di interconnessione e dei canali di comunicazione costituisce quella che viene comunemente denominata "rete primaria"; un host-computer con suoi terminali collegati costituisce la rete secondaria" (1). La Fig. 1 presenta un esempio di rete a maglia in cui possono facilmente riconoscersi i tipici elementi costituenti.
Alle due sottoreti (subnet) menzionate corrispondono due classi di servizi diversi offerti all'utente. Un utente solitamente accede alla rete da un terminale della rete secondaria, e riceve da questa principalmente servizi di interfaccia ed amministrativi ai fini del suo ingresso sulla rete primaria. Una volta accettato ad operare nella rete, la rete primaria presta tutti i necessari servizi per attuare le comunicazioni tra i vari punti della rete stessa in maniera invisibile all'utente (2). Le principali funzioni espletate da una rete primaria sono:

- trattamento ed accumulo in "buffer" (buffering) dei messaggi
- instradamento (routing) dei messaggi
- controllo del traffico di comunicazione (flow control)
- controllo degli errori di trasmissione.

3. Commutazione di circuito, di messaggio e di pacchetto

Le tecniche di comunicazione solitamente usate nelle reti di elaboratori sono quelle della commutazione di circuito (circuit switching), della commutazione di messaggio (message switching) e della commutazione di pacchetto (packet switching). Ciascuna di esse presenta suoi propri vantaggi e svantaggi, per cui la scelta di una o l'altra va sempre considerata in funzione dei principali obiettivi applicativi della rete, e delle caratteristiche prevalenti del traffico di essa (3). Una sintetica descrizione delle tre tecniche varrà a compararne peculiarità e carenze, e quindi ad orientare nell'individuazione dei potenziali campi di più utile impiego di ciascuna.
Nelle trasmissioni a commutazione di circuito si stabilisce un collegamento tra due corrispondenti della rete che monopolizza il circuito di comunicazione per tutta la durata di trasmissione delle informazioni. Si tratta in altre parole di un collegamento analogo a quello che si attua nelle trasmissioni telefoniche; e delle comunicazioni vocali ne può sfruttare gli impianti ed i canali di comunicazione. Oltre quindi alla semplicità di im-

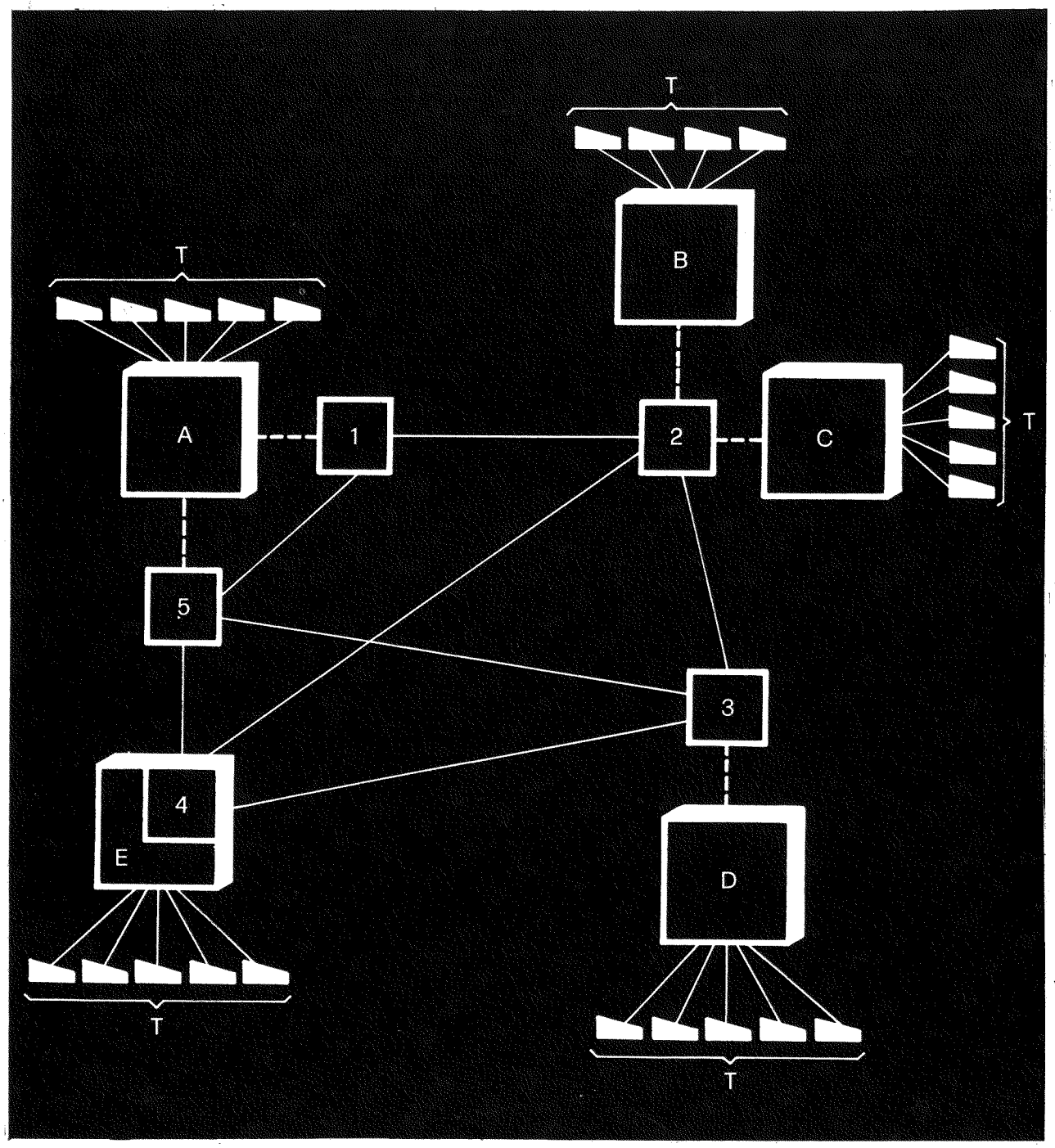


Fig. 1 - Esempio di rete a maglia. Con A, B, C, D, ed E sono indicati gli host-computer; 1, 2, 3, e 5 sono invece elaboratori di interfaccia, nonchè di transito, e 4 è un controller multilinea integrato nell'host-computer E. Con T sono indicati i terminali.

pianto e gestione, la soluzione a commutazione di circuito offre il vantaggio di un ottimo sfruttamento dei canali di trasmissione con un traffico che sia prevalentemente costituito da trasferimenti continui e costanti di grossi volumi di dati.

I principali svantaggi di questa tecnica dipendono dal fatto che tra i due corrispondenti è necessario che ci sia compatibilità di codici, di formato dei dati e di velocità di trasmissione.

Ciò è almeno vero nelle reti a commutazione di circuito più tipiche, quelle cioè a connessioni dirette, che non includono elaboratori di conversione sul percorso di comunicazione.

Questo problema viene infatti risolto nelle reti a commutazione di circuito di tipo ad "immagazzinamento e riinvio" (store and forward). In questo caso sono infatti presenti degli elaboratori sulle vie di comunicazione che possono quindi operare conversione di codici, di formato dei dati e di velocità di trasmissione. Questi elaboratori finiscono però con l'essere piuttosto grossi e potenti, perchè oltre a dover accumulare ed operare le conversioni di grossi volumi di dati di informazioni devono in effetti fungere da volano per un traffico di trasmissione con diversa velocità di ingresso ed uscita da essi.

Con questa tecnica di comunicazione è inoltre molto

sentito l'inconveniente tipico delle comunicazioni telefoniche, cioè il problema delle linee occupate, con l'impossibilità di comunicare con un destinatario, anche se libero, quando è occupato un tronco del circuito che lo collega.

Altri inconvenienti della commutazione di circuito sono i ritardi eccessivi che si hanno con carichi di tipo reattivo, che comportano cioè continue e rapide interruzioni e riattivazioni delle comunicazioni, o anche l'eccessiva variabilità di tali ritardi in funzione della lunghezza dei messaggi; i messaggi più lunghi tendono infatti a monopolizzare circuiti di comunicazione creando inevitabilmente code.

Nel caso della trasmissione a commutazione di messaggio, tra due corrispondenti della rete si stabilisce soltanto un collegamento logico, mentre il percorso fisico attraverso cui il messaggio raggiunge la sua destinazione può variare di volta in volta, in funzione di disponibilità momentanea di percorsi alternativi liberi. Un utente deve solo preoccuparsi di inviare il messaggio ad un elaboratore che funge da centro di commutazione, utilizzando codice, velocità di trasmissione e formato di dati eventualmente diversi da quelli del destinatario. Dal primo centro di commutazione il messaggio viene quindi smistato tra vari altri centri di commutazione intermedi, e sui canali disponibili, fino al destinatario. Il messaggio non corre poi il rischio di "perdersi per strada" in quanto porta con se l'informazione della destinazione a cui pervenire, per cui qualunque elaboratore lo raccogliesse è in grado di dirigerlo verso la sua destinazione. Il poter prendere percorsi alternativi è però ovviamente dipendente dalla disponibilità di più vie che diramino nei vari punti nodali.

Questa tecnica di comunicazione, che consente, grazie alla capacità di memorizzazione propria della rete, di migliorare il traffico di rete, introduce un certo ritardo che si somma al tempo di propagazione del messaggio. Anche nel caso della commutazione di messaggio, tuttavia, la variabilità dei tempi di ritardo legata alla lunghezza dei messaggi ed al tipo di traffico, può rendere il problema delle code particolarmente sentito.

La commutazione di pacchetto porta più avanti l'approccio della commutazione di messaggio, nel senso che agli elaboratori di interconnessione il messaggio logico viene diviso in elementi di messaggio più piccoli, detti appunto pacchetti, e quindi trasmessi verso la destinazione su tutte le vie simultanee disponibili (4). I principali vantaggi di quest'ultima soluzione rispetto alle due precedenti sono:

- possibilità di effettuare trasmissioni sulla base di messaggi fisici standardizzati di lunghezza fissa ottimale. Il fatto che il carico di rete possa essere tutto trattato in termini di messaggi di lungezza fissa predeterminata, offre un'importante premessa di base per una migliore distribuzione e controllabilità del traffico di rete.
- Miglior sfruttamento delle linee di trasmissione per un traffico caratterizzato da brevi comunicazioni (burst) seguite da periodi di assenza di trasmissione più lunghi. È il caso tipico delle comunicazioni di tipo interattivo. Come già detto, per quelle applicazioni che richiedono invece la trasmissione di un flusso di dati stabile e continuo tra due punti, il miglior sfruttamento delle linee si ha con la commutazione di circuito (Fig. 2).
- Possibilità naturale della rete di trattare i messaggi in transito per operare conversioni di codici e velocità di trasmissione. Tuttavia, rispetto alla commutazione di messaggio richiede elaboratori più piccoli nei punti nodali, in quanto avendo a che fare con i pacchetti, anzichè con interi messaggi, lo spazio (buffer) da allocare negli elaboratori di transito per tenere pacchetti fino alla successiva trasmissione al nodo seguente è chiaramente minore.
- Per il fatto che i singoli pacchetti del messaggio possono essere simultaneamente trasmessi su tutti i canali alternativi disponibili, il messaggio logico ha in questo modo la possibilità di raggiungere più rapida-

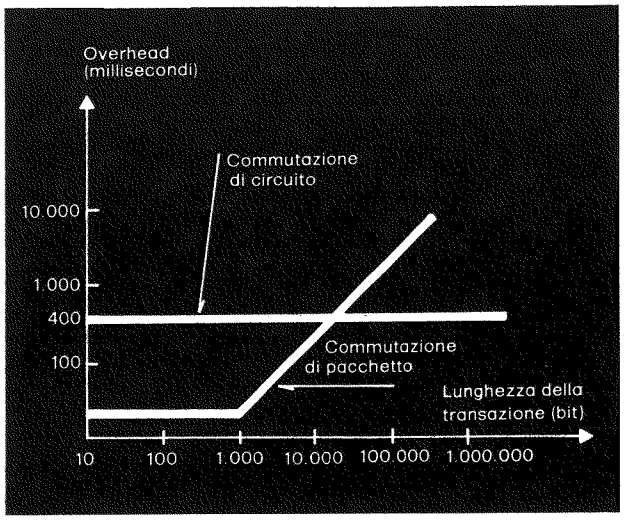


Fig. 2 - Influenza dell'overhead in trasmissioni a commutazione di circuito ed a commutazione di pacchetto in funzione della lunghezza della transazione (6). (Si noti che gli assi del diagramma sono logaritmici). Dato che in una trasmissione a commutazione di circuito il tempo complessivo necessario per stabilire il collegamento tra i due punti corrispondenti estremi (overhead time) è indipendente dalla lunghezza della transazione, la curva rappresentativa del tempo di overhead in funzione della lunghezza della transazione viene ad essere una retta orizzontale. Nella commutazione di circuito invece, il tempo di overhead è indipendente dalla lunghezza dell'informazione da trasmettere solo per il primo pacchetto, in quantochè ripetendosi poi per ogni pacchetto costituente la transazione viene in effetti ad essere una funzione a gradino crescente della lunghezza della transazione, ovvero del numero dei pacchetti che la compongono, onde si spiega l'andamento della relativa curva rappresentativa in figura. L'intersezione delle due curve, quella della commutazione di pacchetto e quella della commutazione di circuito, determina quindi il punto in corrispondenza del quale - almeno per quanto riguarda l'overhead - si passa dalla convenienza dell'una tecnica di trasmissione all'altra.

mente la destinazione di quanto potrebbe fare se trasmesso tutto intero come un'unica entità.
D'altro canto, svantaggi della commutazione di pacchetto sono principalmente da ricercarsi nella:
- necessità di numerosi elaboratori di interconnessione, anche se piccoli, che implicano:
- procedure più complesse di direzione e controllo delle trasmissioni.

4. Indirizzi e descrittori degli elementi di rete

Per trasferire i messaggi da un elaboratore all'altro della rete è necessario sviluppare un sistema di "indirizzi" da associare ai vari punti fisici (nodi) della rete. Questi indirizzi entrano a far parte di gruppi di informazioni, detti "descrittori" degli elementi della rete, che permettono di assolvere una varietà di funzioni, dalla trasmissione di messaggi ad altri compiti di gestione della rete.
Una volta assegnati gli indirizzi fisici, questi vengono correlati col nome simbolico del nodo a cui si riferiscono. In modo analogo viene anche creato un indirizzo per ogni canale di comunicazione che converge nel nodo, ed anch'esso associato ad un descrittore delle caratteristiche del canale stesso (ampiezza di banda, ritardo di trasmissione, tipo di collegamento: se half duplex o full-duplex, ecc.) (5). L'insieme di tutte queste informazioni serve per condurre le importanti operazioni di instradamento delle comunicazioni (routing) e controllo del traffico di trasmissione (flow-control).

5. Trattamento ed accumulo in buffer dei messaggi

L'oggetto della trasmissione, proveniente da un host-computer, è organizzato in una sequenza di messaggi. Come è stato accennato, la differenza tra il tipo di trasmissione a "commutazione di messaggio" e quella a "commutazione di pacchetto" sta nel fatto che in quest'ultima il messaggio logico viene diviso in unità di trasmissione di lunghezza standard chiamate appunto pacchetti. Solitamente anche la lunghezza massima del messaggio viene definita in funzione della lunghezza adottata per il pacchetto. L'esperienza suggerisce che conviene adottare un rapporto messaggio/pacchetto di 6 o 8, ed una lunghezza del pacchetto di circa 1000 bit (6).
Una volta diviso il messaggio in pacchetti, ad ogni pacchetto viene attribuito un numero d'ordine, sulla base del quale è possibile sia controllare che tutto l'insieme di pacchetti costituenti il messaggio sia correttamente trasmesso tra un nodo sorgente ed un nodo destinazione, sia ricostruire a destinazione il messaggio originario con un corretto riassemblaggio dei pacchetti.
Perchè possa attuarsi il meccanismo descritto, è evidente che tanto al nodo sorgente che al nodo destinazione deve esistere la possibilità di raccogliere in buffer i messaggi da interscambiare: i pacchetti di un messaggio inviati ad un nodo destinazione finale devono da questo essere ricomposti in modo da ricostruire il messaggio originario; così al nodo sorgente il messaggio da trasmettere è trattenuto in un buffer che può essere "deallocato" solo quando tutti i pacchetti del messaggio risultano correttamente ricevuti dal nodo destinazione.
I criteri per allocare e deallocare in buffer i messaggi costituiti da più di un pacchetto sono vari. Una soluzione tipica consiste nel trasmettere al nodo destinazione un segnale di richiesta di un buffer prima di trasmettere i pacchetti del messaggio. All'elaboratore di destinazione finale, o meglio all'elaboratore di interfaccia dell'host-computer di destinazione, il buffer è assegnato all'intero messaggio da ricevere e non al singolo pacchetto, come accade invece per gli elaboratori di transito. Ciò è necessario per evitare che si verifichi quella situazione detta "blocco di riassemblaggio" (reassembly lock-up), in cui il nodo di destinazione, non avendo ricevuto tutti i pacchetti del messaggio, non ha tuttavia più spazio disponibile per quelli che non sono ancora stati ricevuti. In questo caso il messaggio non può essere infatti ricostruito per poter essere smistato all'elaboratore host.
La trasmissione di messaggi ad un nodo destinazione viene in linea di massima condotta secondo criteri sequenziali (4), nel senso che i messaggi vengono trasmessi nell'ordine in cui si presentano. Può essere tuttavia opportuno in taluni casi adottare criteri di priorità che consentano la trasmissione di messaggi in modo diverso da un semplice schema sequenziale. Si può per esempio assegnare la massima priorità ai messaggi di tipo interattivo, ed infine ai messaggi relativi alla trasmissione di grossi volumi di dati.
La scelta di un criterio di priorità o di un altro è principalmente dipendente dalle esigenze applicative degli utenti più che dai meccanismi della trasmissione della rete.

6. Instradamento (routing) dei messaggi

La propagazione dei messaggi nel contesto della rete è guidata secondo strategie di trasferimento più o meno complesse, che dipendono massimamente dai vari elementi e funzionalità che caratterizzano una determinata rete.
Le modalità ed i criteri con cui si instradano i messaggi nella rete è quella funzione della supervisione di rete detta "routing". In particolare, per le reti a commutazione di pacchetto il "routing" è sostanzialmente un insieme di regole secondo le quali un pacchetto si trasferisce tra vari nodi e canali di communicazione fino alla sua destinazione ultima (5).
Si comprende che una rete di configurazione molto complessa, nel senso che dispone di molti canali di communicazione, multiplexor, elaboratori di interconnessione ecc., può offrire una gran scelta di "rotte", o strade per raggiungere la destinazione voluta. Orbene, se la ricchezza di risorse fisiche sulla rete offre degli ovvi vantaggi, divengono invece più complicati gli algoritmi in base ai quali si scelgono i percorsi per i messaggi e li si dirigono nella rete.
Esistono molte strategie di instradamento dei messag-

gi, ciascuna con suoi propri vantaggi e svantaggi, rispetto alle altre. A tutt'oggi non è ancora stato sviluppato quello che provatamente può essere definito come l'algoritmo di instradamento ottimale. Tuttavia una soluzione molto usata è quella detta "adattativa" (adaptive). In sostanza, un sistema di instradamento adattivo offre la possibilità di modificare ed adattare le rotte di trasmissione dei messaggi per compensare fluttuazioni del traffico e disfunzioni di parti di rete. Si limitano in questo modo gli effetti di congestione che derivano da malfunzioni in un nodo e si impedisce che gli effetti si estendano su tutta la rete. Inoltre, un sistema di tipo adattativo consente una efficiente utilizzazione della rete abbastanza indipendente dal volume del carico della rete potendo inviare i pacchetti su percorsi che offrono i minimi ritardi (o su percorsi con massimo volume di trasmissione) e distribuendo un traffico particolarmente intenso su percorsi multipli.
I requisiti fondamentali per un sistema di instradamento adattativo sono pertanto:

- la conoscenza dei percorsi possibili tra le varie coppie di nodi della rete.
- l'informazione continuamente aggiornata del ritardo che ogni nodo presenta in un determinato momento.
- la possibilità di "percepire" disfunzioni ed anomalie del nodo.

Sulla scorta dei requisiti descritti vengono create vari tipi di tabelle in base alle quali può quindi attuarsi l'instradamento adattativo. Una di queste tabelle è la tabella dei percorsi (path table), che è associata ad ogni nodo, e porta in conto, quali principali informazioni, i collegamenti esistenti tra il nodo ed i nodi ad esso adiacenti, con i percorsi più brevi "pesati" secondo criteri opportuni. Con riferimento all'esempio di rete della Fig. 1, le tabelle dei percorsi per i nodi 1 e 2 appariranno come indicato in Fig. 3.
Dalle tabelle appaiono tutti i percorsi possibili per andare dal nodo 1, e dal nodo 2, agli altri nodi della

Fig. 3 - Tabelle dei percorsi per i nodi 1 e 2 della rete in Figura 1.

dal nodo 1	ai nodi			
	2	3	4	5
	2,5	2,5	2,5	5,2

dal nodo 2	ai nodi			
	1	3	4	5
	1,3,4	3,4,1	4,3,1	1,3,4

nodo di destinazione:	1	3	4	5
ritardo:	10	26	30	18

Fig. 4 - Esempio di vettore dei ritardi per il nodo 2 della rete in Figura 1.

rete del nostro esempio. Quale percorso venga poi scelto per una determinata trasmissione può preferibilmente farsi dipendere dai possibili ritardi che possono essere introdotti passando per i vari nodi. Le informazioni su detti ritardi sono registrate in altre tabelle dette "vettori di ritardo" (delay vectors) (Fig. 4), che ogni nodo periodicamente aggiorna ed invia ai nodi vicini. Le informazioni relative ai ritardi (e che dipendono in gran parte dal ritmo di smaltimento del traffico da parte del nodo) vengono aggiornate ogni volta che si verifica una variazione ritenuta significativa per quanto riguarda parametri e specifiche assunte per la particolare rete. Volendo quindi sintetizzare le principali peculiarità e vantaggi di un sistema di instradamento di tipo adattativo questi possono essere così riassunti:

- facilità di adeguarsi alle variazioni del volume di traffico, a possibili panne dei nodi o dei canali di comunicazione.
- Possibilità di trasmettere i pacchetti secondo percorsi a minimo ritardo.

I principali svantaggi presentati dal sistema di instradamento adattativo del tipo di quello descritto sono:

- in certe condizioni di carico i pacchetti possono oscillare (loop) indefinitamente. (Per effetto della congestione di alcune parti della rete, o anche dell'elaboratore host destinatario, può accadere che un pacchetto passato correttamente attraverso vari elaboratori di transito si fermi ad un certo punto non potendo procedere più oltre, per cui viene rispedito all'elaboratore originario perchè lo accodi, eventualmente su memorie di massa, e lo rispedisca più tardi. O ancora può accadere che un elaboratore di transito, non riesca a smaltire il suo carico di pacchetti per effetto della congestione, per cui non ha spazio per ricevere altri pacchetti, che gli vengono tuttavia periodicamente rimandati dagli elaboratori di transito adiacenti sin quando non li accetta comunicando loro l'avvenuta corretta ricezione.
- è difficile gestire efficientemente un traffico di grossi volumi di dati.

Bisogna tuttavia tener presente che la tecnica dell'instradamento adattativo è principalmente orientata a comunicazioni di tipo interattivo, cioè con messaggi relativamente brevi e nei due sensi, per cui la efficienza non ottima nelle trasmissioni di grossi volumi di dati non deve sorprendere. In quest'ultimo caso possono tuttavia ottenersi dei miglioramenti con l'uso di soluzioni come:

- instradamento dei pacchetti di un messaggio secondo più direttrici simultaneamente, inviando un pac-

chetto su un percorso preferenziale, quello seguente sul percorso migliore immediatamente disponibile, e così via.

- l'adozione di un sistema di bufferizzazione che eviti di allocare un buffer a ciascun messaggio di una serie di messaggi multi-pacchetto, allocandolo invece solo al primo messaggio ed accelerando la ritrasmissione del messaggio per rendere disponibile il buffer per un altro messaggio quanto prima possibile (5). Come appare da quest'ultima considerazione si comprende come le varie funzioni di ogni sistema di gestione e supervisione della rete sono strettamente correlate e dipendenti. Ogni soluzione ad un problema deve sempre essere analizzata e valutata in rapporto ad altri problemi ed aspetti funzionali della rete.

L'instradamento adattativo è soltanto uno di vari approcci possibili da prendere in considerazione, ed è stato presentato qui soltanto per mostrare un tipico sistema di instradamento, e non per illustrare quello migliore in senso assoluto. La soluzione ottimale ai problemi di gestione e supervisione di rete non può prescindere dai numerosi e diversificati aspetti della specifica rete, ed è in gran parte condizionata dalla natura delle principali applicazioni, mentre la problematica più generale è ancora oggetto di ricerca.

7. Controllo del traffico di comunicazione (flow control)

Strettamente collegato al disegno di un sistema di instradamento è quello del meccanismo di controllo del traffico di comunicazione. Lo scopo di un buon sistema di instradamento è quello di consentire il massimo sfruttamento della capacità della rete con qualunque possibile distribuzione del carico per la quale la rete è dimensionata, e con i minimi ritardi possibili. Un ritmo ritardato di smaltimento del carico di rete comporta la presenza in essa di un carico in eccesso rispetto alla capacità della rete stessa provocando il manifestarsi del fenomeno della congestione. La congestione può infatti essere espressa in termini di quantità di informazione trasferita nell'unità di tempo (pacchetti al secondo), e comporta effetti negativi sull'operatività della rete difficilmente prevedibili. È necessario quindi disporre di un meccanismo di controllo del volume del traffico di comunicazione per assicurare un regolare flusso delle trasmissioni.

Per far ciò bisogna evitare di rendere precaria e difficile la controllabilità della rete sovracaricandola, per cui è opportuno intervenire a livello di origine dei messaggi accodando temporaneamente, eventualmente su memorie di massa, quelli che ad un determinato momento sovracaricherebbero la rete, ed immettendoli sulla rete solo quando risulti che possano essere soddisfacentemente gestiti.

Vi sono due principali criteri di controllo del traffico di rete e cioè:

a) *controllo locale:* che comporta decisioni operative di controllo esplicate essenzialmente in funzione di informazioni disponibili a livello di uno specifico nodo.

Sostanzialmente questo controllo si attua modificando l'instradamento dal nodo sulla base del volume di traffico che questo deve al momento smaltire, o sulla esigenza comunicata al nodo (con segnali di controllo) dai nodi adiacenti di ridurre momentaneamente il traffico su certi canali di comunicazione. Questo tipo di controllo presenta l'inconveniente che in certe situazioni il suo effetto riequilibrante si può manifestare con molto ritardo rispetto al momento in cui se ne presenta l'esigenza.

b) *controllo globale:* che implica decisioni prese sulla base di informazioni inerenti a tutto lo stato ed attività complessiva della rete. Il controllo globale può a sua volta essere distinto in:

- centralizzato: quando è esplicato da un ente (elaboratore, stazione con terminale ecc.) specificamente demandato ad un compito di supervisione di rete. Questo controllo è quindi localizzato in un determinato punto fisico della rete, in una stazione a cui devono pervenire le informazioni sul traffico di ogni punto della rete e da cui devono partire direttive di controllo (7). Da quest'ultimo aspetto deriva il suo principale inconveniente che consiste nell'accrescere con messaggi di servizio il traffico della rete.
- controllo tra sorgente e destinazione (end-to-end): a differenza di quello centralizzato, il controllo è distribuito su tutta la rete relativamente a tutti i percorsi virtualmente possibili (virtual paths) tra mandante e destinatario. Pertanto per ogni comunicazione che deve stabilirsi tra due corrispondenti della rete, indipendentemente da quello che sarà il percorso fisico attraverso cui potrà realizzarsi, viene controllato che non comporti un aumento del carico di rete al limite della congestione. Vengono quindi rifiutati subito nuovi collegamenti che, se accettati in quel particolare momento, potrebbero comportare la congestione. Questo tipo di controllo presenta l'inconveniente che viene rifiutato ogni tipo di collegamento, anche quelli che per la loro brevità non avrebbero portato alla congestione. Sotto un certo aspetto questo tipo di controllo è in antitesi alla peculiarità più interessante della commutazione di pacchetto, che è quella di offrire e tener attivi un gran numero di collegamenti logici.
- isaritmico: col quale si cerca di mantenere costante il numero dei pacchetti presenti nel sistema facendo circolare anche dei pacchetti "vuoti", detti contenitori, che con i pacchetti che trasportano informazioni reali assommano al limite massimo di pacchetti prefissati per la rete. Perchè un nuovo pacchetto contenente informazioni effettive possa essere immesso nella rete, è necessario che al nodo si disponga di un pacchetto vuoto, che verrà impegnato, per "portare" informazioni.

Come per l'instradamento, da cui è strettamente dipendente, il controllo del traffico di comunicazione è ancora oggetto di molti studi e ricerche.

8. Controllo degli errori

Fanno parte della gestione della rete delle procedure di controllo di errore che assicurino che i messaggi siano

ricevuti in modo completo e correttamente. In termini essenziali il meccanismo di controllo degli errori più tipico consiste nella "creazione" dei caratteri di controllo di errore previsti dal protocollo adottato. Questi caratteri vengono immediatamente controllati alla ricezione di ogni pacchetto per rilevare possibili errori di trasmissione. Laddove emergesse una qualunque anomalia, il pacchetto viene ritrasmesso. Ciò avviene in modo automatico, nel senso che è sufficiente che il nodo ricevente non invii, al nodo trasmittente, il tipico segnale di ricezione corretta entro un prefissato intervallo di tempo perchè ciò comporti la automatica ritrasmissione del pacchetto.
Oltre alla ritrasmissione di messaggi errati, le funzioni di controllo della rete comprendono anche controlli per la duplicazione di messaggi, controlli sulla sequenza dei pacchetti, e controlli per messaggi che può accadere, come si è accennato in certe condizioni di carico, "vadano in loop" oscillando indefinitamente nella rete.

9. Conclusioni

La commutazione di pacchetto è una tecnica di trasmissione dei dati che si basa su una ampia e determinante partecipazione degli elaboratori elettronici ai processi di trasmissione. Con essa gli elaboratori vengono impiegati per governare le comunicazioni nel senso più ampio della parola, rendendo indipendenti comunicazioni logiche da circuiti fisici di trasmissione, assegnando e distribuendo canali di comunicazione dinamicamente, ed aumentando l'affidabilità ed efficienza generale di complessi sistemi di trasmissione dei dati.
La misura e l'importanza di siffatto approccio appare subito nella giusta luce se si considera che nella rete ARPA - la prima e più famosa rete a commutazione di pacchetto - si è potuto ottenere uno sfruttamento delle linee di trasmissione dell'ordine dell'80%, mentre terminali ed elaboratori impiegati in collegamenti tradizionali raramente sfruttano più del 10% della capacità di un circuito di comunicazione (8).
Le prospettive e gli effetti delle prestazioni ottenute con la rete ARPA sono stati tutt'altro che sottovalutati, dato che le soluzioni fondamentali sviluppate per questa rete sono servite e servono da modello a reti pubbliche e private in tutto il mondo. La tecnica del Datagram per esempio (cioè di messaggi monopacchetto che contengono tutte le informazioni di destinazione ed instradamento, e che pertanto snelliscono la supervisione della rete non richiedendo le più laboriose e complesse tecniche di gestione di messaggi multipacchetto) fu inizialmente sviluppata per la rete ARPA. La più recente rete CIGALE, impiantata in Francia, al momento offre soltanto il servizio Datagram (9). Come appare dalla Fig. 5 la commutazione di pacchetto continua ad essere - malgrado la continua evoluzione che le tecnologie dell'elaborazione e trasmissione dei dati hanno subito dalla nascita della rete ARPA - una delle più efficienti e preferite tecniche per la trasmissione delle informazioni nelle reti di elaboratori.

CIGALE	Francia	privata
CYCLADES	Francia	privata
EIN	internazionale	privata
EPSS	Inghilterra	pubblica, sperimentale
EURONET	internazionale	pubblica
RCP	Francia	pubblica
SITA	internazionale	prenotazioni aerei
SWIFT	internazionale	applicazioni bancarie
TRANSPAC	Francia	pubblica
WI	internazionale	pubblica

Fig. 5 - Alcune reti europee, realizzate o in stato di realizzazione, che malgrado una gran diversità di dimensioni, velocità ed obiettivi applicativi, hanno tuttavia tutte in comune il fatto di adottare la commutazione di pacchetto.

10. Bibliografia

(1) T. KWIATKOWSKI, A. M. REPICHINI, "Il problema delle comunicazioni nelle reti di calcolatori", Simposio su Sistemi Interconnessi di Elaborazione Dati, Trieste, maggio 1973.

(2) J. H. MCFADYEN, "System Network Architecture: an overview", IBM System Journal, Vol. 15, numero 1, 1976.

(3) D. A. WALSH, "Distributed processing: some calculable and incalculable costs of networking", Convegno sull'Informatica Distribuita nella Produzione Industriale, Milano, aprile 1977.

(4) A. W. SCOTT, "Network software requirements and practice", Small Systems Software, Vol. 1, numero 3, 1976.

(5) G. R. THOMAS, S. W. FRIEDMAN, J. L. WESCOTT, "Operational characteristics of packet-switched computer networks", Proceedings of ACPA-6 Conference, Alexandria, Virginia (U.S.A.), Novembre 1976.

(6) R. D. ROSNER, B. SPRINGER, "Circuit and packet switching: a cost and performance trade off study", Computer Networks Vol. 1, giugno 1976.

(7) M. CANEPA, "Scopi di un'architettura per sistemi distribuiti e suo impiego applicativo, Congresso A.I.C.A., Pisa, ottobre 1977.

(8) News in Perspective, "Several firms eye ARPA-type network", Datamation, Vol. 19, numero 3, marzo 1973, p. 122.

(9) P. T. KIRSTEIN, "Nuove reti pubbliche", Sistemi e Automazione, numero 176, novembre 1977.

Redditività economica e aspetti organizzativi nelle applicazioni informatiche

GIULIO OCCHINI
Honeywell Information Systems Italia

1. La redditività economica dell'informatica

È possibile e sensato considerare l'investimento in informatica alla stessa stregua degli altri tipi di investimento? e, quindi, valutarne la convenienza in base ai criteri di tipo finanziario che generalmente presiedono alla scelta delle politiche di investimento? Si possono utilizzare metodologie comuni? E se la risposta è positiva, perchè nelle decisioni di meccanizzazione, le considerazioni di carattere economico assumono raramente un ruolo determinante?
Sono queste le domande che si pongono naturalmente quando si voglia affrontare il problema del contributo economico della elaborazione dati in una qualsiasi organizzazione, sia esso di tipo industriale o amministrativo; e può essere sorprendente constatare come, nell'ambito della documentazione sulla informatica che si estende ormai a tutti i suoi aspetti principali, questo argomento risulti stranamente carente di contributi sia metodologici che applicativi.
In realtà, la risposta alle domande sopra citate non può prescindere da un approfondimento del rapporto di interazione tra informatica e strutture organizzative rapporto che presenta, ancora oggi, degli aspetti concettualmente irrisolti.
Per una analisi dello stato dell'arte sull'argomento ci si può riferire a (1) e (2); in questa sede basti puntualizzare come, alla radice del problema della valutazione economica dei sistemi informativi stia quello, tuttora irrisolto, della individuazione di criteri oggettivi di misura del valore attribuibile alla informazione in un ambito organizzativo.
Precisamente, mentre i costi di ottenimento dell'informazione sono valutabili in modo diretto, adottando sostanzialmente i tradizionali criteri di analisi contabile, i benefici che la sua disponibilità arreca non possono che essere associati al risultato della sua utilizzazione, e, quindi, sono condizionati dalle modalità secondo cui tale utilizzazione avviene.
Questo comporta che una analisi corretta della redditività di un sistema informativo debba tener conto, in modo imprescindibile, del contesto organizzativo nel quale il sistema è destinato ad operare e giustifica il fatto che sistemi analoghi inseriti in realtà organizzative diverse presentino spesso costi ed esiti tra loro inconfrontabili.
Ulteriormente, anche supponendo di articolare la analisi per classi di sistemi e organizzazioni confrontabili, proprio perchè i benefici dell'informatica sono di tipo indiretto, non sempre è agevole, o addirittura possibile, farne una valorizzazione in termini strettamente monetari: il processo di razionalizzazione delle funzioni e delle procedure gestionali che un sistema informativo, correttamente impostato ed attuato, induce sin dalla fase della sua progettazione, dà luogo a miglioramenti che attengono all'area più generale della efficienza di struttura e che, come tali, ben difficilmente possono ricondursi all'ambito del bilancio economico-finanziario di uno specifico investimento.
Il processo di "informatizzazione" si rivela cioè in queste analisi come promotore dello sviluppo organizzativo e, a sua volta, come il suo principale beneficiario (3).

2. Dove e perchè l'informatica: tassonomia della utenza

Nella tabella 1 sostanzialmente ricavata da (4) che, per semplicità di trattazione, è riferita all'ambito dell'utenza industriale cui limiteremo la indagine in questo articolo, sono indicate le aree funzionali di potenziale intervento da parte dell'informatica, gli obiettivi (benefici) qualitativi teoricamente associabili a ciascuna di esse e la articolazione delle principali voci dell'investimento informatico.
Nella stessa tabella viene anche proposta una scala di aleatorietà secondo cui è possibile misurare l'entità del beneficio nei diversi tipi di organizzazioni aziendali; la stessa classificazione è talvolta meno correttamente espressa in termini di livello di "tangibilità" del beneficio: così ad esempio si dice che sono direttamente "tangibili" i vantaggi traducibili in riduzioni di costo,

TABELLA 1 - Tassonomia delle aziende

Tipo di azienda	Settori interessati	Benefici potenziali	Aleatorietà dei benefici	Principali voci dell'investimento
CLASSE 1	Amministrazione	Riduzione costi (e.g. di personale)	bassa varianza	- Hardware - Software base e applicativo acquistato - Gestione del sistema
CLASSE 2	Magazzini Produzione Vendite Acquisti	- Riduzione immobilizzi (e.g. delle scorte) - Miglioramento gestione del capitale circolante (cioè riscossioni e pagamenti meglio controllati)	varianza media	- Analisi e sviluppo delle nuove applicazioni - Adattamenti organizzativi - Estensioni hardware e software
CLASSE 3	Azienda nel suo complesso	- Miglioramento del servizio all'interno (integrazione delle procedure) - Aumento ricavi (disponibilità e consegne) - Migliore capacità decisionale e di pianificazione	alta varianza	- Formazione - Revisione delle procedure di gestione - Adattamento organizzativo - Applicazioni nuove - Estensioni hardware e software

indirettamente "tangibili" quelli attinenti il miglioramento di gestione del capitale circolante e "intangibili" gli effetti indotti sulla efficienza di funzionamento della struttura.

In realtà si è precedentemente accennato al fatto che le difficoltà non stanno nella presunta "tangibilità" o "intangibilità" del beneficio, ma nella impossibilità concettuale di attribuire in modo univoco alla informazione il merito del conseguimento del beneficio in questione (5).

In un programma di "informatizzazione" aziendale la priorità da assegnare agli obiettivi (benefici) elencati nella tabella, e l'entità dell'investimento necessario per conseguirli, sono a rigore definibili, per la specificità delle situazioni organizzative, solo al livello della singola azienda.

D'altra parte, volendo affrontare il problema in termini costruttivi, è necessario tentare una schematizzazione della realtà anche a rischio di qualche semplificazione; allo scopo, in quanto segue, ci si riferirà a una classificazione delle aziende in 3 categorie che assumeremo "tipiche" e che possono definirsi con riferimento alle 3 sezioni della tabella 1 in base al livello di impiego dell'informatica:

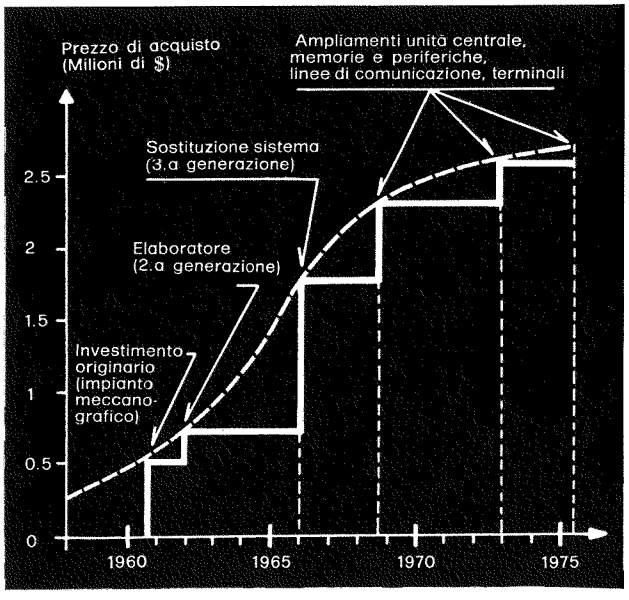
- limitato all'area amministrativo-contabile
- esteso ai vari settori operativi
- finalizzato al controllo gestionale dell'azienda.

Queste 3 categorie di comodo possono anche considerarsi esemplificative, in una visione diacronica, dei successivi stadi di sviluppo di una azienda ideale che evolva con gradualità verso una utilizzazione sempre più matura dello strumento informatico; in questo senso la classificazione può, entro certi limiti, mettersi in rapporto con la analisi proposta nel 1974 da C. F. Gibson e R. L. Nolan in un contributo ormai divenuto classico (6).

Precisamente, nell'articolo citato, gli autori ipotizzano che lo sviluppo della informatica nelle organizzazioni industriali sia articolabile, con ragionevole approssimazione, su 4 fasi successive ciascuna delle quali caratterizzata da specifici obiettivi, problemi organizzativi e risultati.

La ipotesi origina dalla constatazione che il budget di spesa informatica nelle aziende che presentano una lunga storia di automazione e che arrivano a farne uno strumento di gestione efficace, può, con sufficiente

Figura 1 - Andamento della spesa hardware/software di utente di medie dimensioni



generalità, rappresentarsi nella sua evoluzione temporale, con una curva "di apprendimento" ad S nella quale si distinguono fasi caratteristiche dal punto di vista delle scelte applicative, dei ruoli tecnici e organizzativi e delle modalità di conduzione e gestione.

A titolo di esempio, la fig. 1 riporta il possibile andamento storico della spesa hardware e software in una azienda di medie dimensioni; all'andamento a scalini di questa spesa va poi sommato quello del personale dedicato al sistema informativo, con il risultato di dar luogo nel complesso a una curva ad S del tipo ipotizzato dagli autori.

L'esame del contesto operativo delle aziende facenti parte logicamente delle 3 classi introdotte, costituirà, in quanto segue, la premessa alla analisi di redditività dell'investimento in informatica, ma, coerentemente con le osservazioni fatte, tale analisi, seppure orientata ad approfondire gli aspetti quantificabili in termini monetari, li considererà come facenti organicamente parte del contributo più generale di efficienza gestionale indotto dal processo di "informatizzazione"; del contesto operativo saranno quindi messi particolarmente in evidenza quei fattori che possono, positivamente o negativamente, condizionare il valore di tale contributo.

La valutazione precisa di quale possa essere in concreto il potenziale di redditività ancorchè solo economico dell'investimento informatico sarà poi fornita attraverso la presentazione, per ciascuna categoria, di un esempio concreto tratto dalla realtà industriale italiana.

3. L'informatica nel settore amministrativo

La prima meccanizzazione è in generale dettata da ragioni di riduzione o contenimento dei costi. Il caso tipico è quello di una azienda in espansione che, per fronteggiare l'incremento dei volumi di lavoro nell'area amministrativo-contabile, opta per la loro automazione in alternativa ad un incremento di personale impiegatizio.

Si tratta del caso schematizzato nella prima sezione della tabella 1 precedentemente introdotta.

Si può verificare, e lo si farà anche nel seguito di questo articolo, come l'impiego economicamente più interessante degli elaboratori non sia, in generale, nel settore amministrativo-contabile ma piuttosto in quelli in cui sia latente un potenziale di profitto o si verifichino strozzature condizionanti la capacità operativa della azienda (seconda e terza sezione della tabella 1).

D'altro canto, sia pure a fronte di un ritorno limitato, la meccanizzazione delle procedure amministrative presenta il vantaggio di costituire, quasi sempre, l'intervento di minor rischio per un'azienda priva di esperienza informatica in quanto è quello che ottimizza i tre parametri che generalmente vengono assunti a misura di tale rischio.

Se infatti, volendo adottare una nomenclatura già precedentemente introdotta, la "aleatorietà" dei benefici è funzione del grado di strutturazione della applicazione, della competenza tecnologica che la stessa applicazione richiede per essere affrontata e della dimensione del progetto necessario ad attuarla, è immediato constatare come le procedure amministrative (a differenza di quelle gestionali tipo trattamento dell'ordine e controllo di produzione) siano già ampiamente "strutturate" e collaudate nella prassi aziendale, la tecnologia informatica non richieda particolari sforzi di acquisizione e riorganizzazione (specie in utilizzazioni di tipo interattivo dove l'automazione subentra naturalmente alle attività svolte nei singoli posti di lavoro e quando si faccia ricorso a soluzioni preconfezionate tipo "package" ampiamente disponibili sul mercato) e, infine, l'impegno finanziario si limiti a cifre dell'ordine dei pochi milioni mensili anche in fase di avviamento.

3.1 Aspetti organizzativi e ruoli

In questo tipo di aziende la responsabilità del centro di elaborazione è affidata generalmente al settore che ne ha motivato l'acquisto, e quindi tipicamente, all'amministrazione anche se questa scelta potrà successivamente costituire un fattore limitativo all'estensione dell'informatica nell'azienda.

D'altra parte le prospettive di sviluppo (e di redditività) della automazione non possono in questa fase essere realisticamente percepite.

Invece, perchè il programma di automazione possa attuarsi, devono talvolta venire superati atteggiamenti storicamente connessi con l'impiego degli elaboratori e tra i più diffusi, la convinzione che la loro adozione riduca i livelli di occupazione e depauperi la qualità del lavoro impiegatizio.

È però storicamente dimostrato e tecnicamente del tutto evidente che l'elaboratore può sì sostituirsi all'uomo ma solo in quelle attività in cui predomina il carattere esecutivo costituendo perciò in realtà uno strumento di qualificazione che libera dal lavoro ripetitivo a favore di quello a maggiore contenuto creativo (7).

La attuale tendenza all'impiego interattivo dei sistemi di elaborazione anche in sede di prima meccanizzazione è, se fosse necessaria, una ulteriore conferma di questa verità, per la capacità che conferisce alle singole stazioni di lavoro di accedere alla base dei dati comune e di svolgere quindi più consapevolmente le attività cui sono preposte. Comunque, il fatto che il processo di automazione si chiuda in queste aziende, tutto all'interno di un unico settore, l'amministrazione, fa sì che un tale problema possa in genere essere superato con relativa rapidità.

I ruoli informatici che in questa situazione si richiedono sono limitati a quello di operatore addetto alla gestione del sistema di elaborazione e dei suoi supporti (schede, dischi, nastri) e, nel caso la azienda decida di sviluppare all'interno in parte o totalmente le procedure applicative anzichè commissionarle a società specializzate o acquistarle in uno con il sistema dal fornitore EDP, quello di analista/programmatore.

Se il sistema opera in modo batch, all'analista programmatore spetta anche il compito di organizzare la attività del centro durante la giornata, mentre se il

sistema opera in modo interattivo questo compito è in gran parte delegato ai singoli utenti salvo che per la emissione periodica di documenti richiesti dalla legislazione fiscale e per le restanti operazioni di tipo batch.
Date le caratteristiche di competenza richieste l'analista/programmatore proviene in genere dall'interno della azienda e precisamente dal settore amministrativo ed è in tal modo in grado di padroneggiare dal punto di vista applicativo le procedure oggetto di meccanizzazione.

3.2 Risultati economici

Si è visto come la motivazione primaria della automazione nel settore amministrativo sia il contenimento dei costi; di conseguenza al di là del miglioramento qualitativo delle informazioni circolanti nella azienda che potrà derivare come risultato delle razionalizzazioni indotte sulle procedure contabili, il criterio di scelta dell'investimento è essenzialmente di carattere economico.
Per darne un esempio concreto ci si riferirà al caso di una azienda tessile utente di un centro servizi cui il volume crescente della attività amministrativa dovuto all'espansione del giro d'affari e la conseguente necessità di un controllo più sistematico della situazione di cassa e di rischio clienti, comporta, a giudizio del direttore amministrativo, la assunzione di nuovi impiegati in alternativa all'automazione (8).
La tabella 2 fornisce l'aumento del fatturato e dell'organico dal 1975 al 1976 a fronte del quale risulta chiaro come non vi sia stato un analogo incremento del personale amministrativo.
Con l'aiuto di consulenti di informatica, le alternative possibili, vengono formalizzate dalla azienda nei seguenti termini:
1. Mantenere il contratto con il centro servizi ed assumere 4 nuovi impiegati per svolgere manualmente le attività di elaborazione e analisi dei documenti contabili.
2. Noleggiare in proprio un elaboratore di medio-piccole dimensioni acquistando all'esterno anche i programmi applicativi necessari e il loro eventuale adattamento.
3. Come sopra ma sviluppando all'interno gli adattamenti necessari.
Nelle tabelle che seguono si descrive con un certo dettaglio il meccanismo finanziario sviluppato in quanto lo si ritiene esemplare del fatto che una azienda di questo genere è portata a considerare l'investimento informatico esattamente alla stessa stregua di quello relativo all'acquisto di una nuova macchina utensile o alla apertura di un nuovo deposito; e, come farebbe con questi ultimi, ne giudica l'opportunità in termini di esclusiva redditività economica.

TABELLA 2 - Dinamica evolutiva della azienda

Dati di struttura	Anno 1975	Anno 1976
Fatturato (Miliardi di lire)	2	7
Numero addetti	68	100
di cui impiegati	18	20

Precisamente, la tabella 3 dimensiona gli investimenti richiesti nel caso della alternativa 2 e 3 mentre la tabella 4 fornisce il dettaglio del conto economico previsionale a 5 anni delle 3 alternative.
Poichè non si fa riferimento a ricavi, ma a costi alternativi, la redditività è misurata in termini di risparmi relativi attualizzati secondo la tabella 5 dove tali risparmi sono valutati in base alla differenza del costo delle alternative 2 e 3 rispetto alla 1 attualizzati con un tasso di sconto pari al 18%.
L'unità di misura è il milione di lire.

TABELLA 3 - Valutazione dell'investimento

ALTERNATIVA 2	
Generazione archivi di base	1.5
Acquisto programmi e consulenza	4.3
Gestione parallelo	5.6
Costo parallelo	1.0
Totale	12.4

ALTERNATIVA 2	
Generazione archivi di base	1.5
Acquisto programmi, analisi e programmazione interna, organizzazione parallelo	14.0
Costo parallelo	1.0
Totale	16.5

TABELLA 4 - Conto economico previsionale a 5 anni

ALTERNATIVA 1					
	1976	1977	1978	1979	1980
Costo centro servizi	6,0	7,2	8,6	10,3	12,4
Retribuzione 4 impiegati	48	55,2	63,48	73,0	83,9
Straordinari	3,6	4,14	4,8	5,5	6,3
Schede per comunicazione movimenti al centro servizi	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
TOTALE ALTERNATIVA 1	57,9	66,87	77,18	86,1	102,9

ALTERNATIVA 2					
Noleggio elaboratore	13,2	14,8	16,5	18,5	20,8
Supporti magnetici (acquistati ogni 2 anni)	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
Schede	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Carta	1,0	1,2	1,4	1,7	2,1
Energia elettrica	1,0	1,2	1,4	1,7	2,1
Personale (1 capocentro)	16,8	19,3	22,2	25,5	29,4
Ammortamento (5 anni) con inflazione (15% annuo)	2,5	2,9	3,3	3,8	4,4
Oneri finanziari	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
$\left(\frac{\text{Investimento + Quota amm.to iniz.}}{2} \times \text{tasso di sconto}\right)$					
TOTALE ALTERNATIVA 2	36,7	41,6	47,1	53,5	61,2

ALTERNATIVA 3					
TOTALE ALTERNATIVA 2	36,7	41,6	47,1	53,5	61,2
Ammortamento	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4
Oneri finanziari	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
TOTALE ALTERNATIVA 3	37,9	42,9	48,6	55,1	63,0

TABELLA 5 - Risparmi attualizzati nell'amministrazione

Risparmi attualizzati rispetto alla alternativa 1 \ anni	1976	1977	1978	1979	1980	Totali (1)	Invest. Iniz. (2)	NPV (1-2)
Δ (1-2) x Fattore di sconto	20.1	20.2	20.3	20.3	20.1	101.1	12.4	88.6
Δ (1-3) x Fattore di sconto	17.6	17.9	18.11	18.1	18.6	89.4	16.5	72.9

4. L'informatica nella gestione

Se ci si riferisce alla ipotesi evolutiva di Gibson e Nolan, una volta completata con successo la fase di meccanizzazione delle procedure che hanno giustificato la acquisizione del sistema di elaborazione, la direzione aziendale anche su sollecitazione del fornitore, si rende ben presto conto che vi sono altre aree di intervento potenzialmente di maggiore redditività in quanto più direttamente attinenti l'attività operativa dell'azienda. Si innesca quindi un processo di sviluppo delle applicazioni informatiche nella azienda al di fuori del settore amministrativo con conseguente crescita della funzione EDP in termini di organico e livelli di specializzazione e con gli obiettivi tipici che si collocano nell'area della riduzione degli immobilizzi e della migliore gestione del capitale circolante (v. sezione 2 della tabella 1).

In termini di rischio, i progetti che si affrontano ora sono senz'altro meno strutturati e di maggiori dimensioni di quelli su cui nella fase precedente l'azienda ha potuto sviluppare la sua competenza informatica; da questo punto di vista assume un ruolo cruciale il tipo di decisione che nella prima fase è stata presa sullo sviluppo interno o sull'acquisto delle competenze necessarie agli adattamenti del "package" applicativo ed alla sua gestione.

Nel primo caso infatti avendo ormai l'analista/programmatore potuto consolidare esperienze di sviluppo e di gestione sia degli aspetti tecnici che in quelli di comunicazione con i vari uffici della azienda, può essere a lui affidata la responsabilità di dimensionare le esigenze di risorse e di know-how in termini di analisti/programmatori a fronte dei nuovi progetti; nel secondo caso, invece, non ci sono alternative all'assegnare questa responsabilità a elementi assunti dall'esterno con tutti gli svantaggi che questa soluzione comporta.

4.1 Aspetti organizzativi e ruoli

Le aree applicative affrontate (la gestione degli ordini, la gestione dei materiali, il controllo di produzione, etc.) comportano generalmente una revisione sostanziale ed una integrazione logica delle procedure gestionali correnti e del contenuto informativo sulla cui base si prendono le decisioni operative nei vari settori.

Anche se la realizzazione non è di tipo interattivo con terminali collocati nelle sedi degli utenti finali, la spinta alla razionalizzazione dei comportamenti che l'informatica intrinsecamente induce e la disponibilità sistematica di informazioni opportunamente strutturate e tempestivamente aggiornate comportano inevitabilmente variazioni procedurali nello svolgimento delle attività e un accrescimento della autonomia decisionale dei vari uffici.

Dall'altra parte, se i progetti vengono condotti con successo, il gruppo responsabile dell'informatica assume un ruolo ben individuato sia agli occhi degli utenti che della stessa direzione aziendale con il risultato di collocarsi in posizione autonoma rispetto al settore dell'amministrazione cui magari ancora organizzativamente compete.

L'evoluzione più frequente di una tale situazione è quella di far confluire il gruppo informatica nella direzione organizzazione laddove quest'ultima esista, o di rendere necessaria la costituzione della direzione organizzazione sulla base del gruppo di informatica.

A stimolare una evoluzione organizzativa che conferisca al settore un più diretto rapporto con la direzione e comporti un maggior coinvolgimento di quest'ultima nella informatica, è anche la constatazione che i benefici ottenibili dai progetti caratteristici di questa fase, non sono in generale riconducibili a risparmi immediatamente valutabili sui costi operativi di uno specifico settore aziendale.

Abbiamo visto come l'automazione nelle aree gestionali debba indurre, per dar luogo a risultati apprezzabili, modifiche spesso sostanziali alle procedure di lavoro caratteristiche dei vari settori interessati; di conseguenza, a garantire il raggiungimento degli obiettivi che l'azienda (e non più una sua singola direzione) persegue, non basta la soluzione informatica tecnicamente corretta ma è necessario il coinvolgimento in termini formalizzati (pianificazione, budget) dei responsabili operativi delle varie aree.

È solo attraverso questo salto di qualità nell'impiego aziendale dell'informatica che si può far assumere a quest'ultima il ruolo organico di *efficace* e insostituibile strumento di razionalizzazione gestionale in contrapposizione a quello di mezzo, sia pure *efficiente*, di manipolazione di informazioni di limitato utilizzo aziendale.

Per la impostazione e la gestione dei più complessi e articolati progetti sopra accennati sono necessarie mansioni nuove di notevole livello di qualificazione che costituiscono la voce più importante dell'investimento informatico (v. tabella 1 seconda sezione).

Questo indipendentemente dal fatto che ci si appoggi o meno per la realizzazione del sistema informativo a "package" applicativi che anche in questa fase possono essere forniti dai costruttori di sistemi di elaborazione o da società di software.

In quanto attinenti procedure meno strutturate di quelle amministrative, questi package, pur mantenendo una notevole validità come consolidamento di molteplici esperienze acquisite in situazioni diverse, richiedono, proprio per questo, notevoli adattamenti che finiscono con il determinarne la accettabilità aziendale.

Fondamentale tra i nuovi ruoli è in questa fase quello di analista di sistema informativo.

La figura dell'analista di sistemi informativi è un risultato della necessità di considerare l'informatica come uno strumento efficace di razionalizzazione gestionale.

Il modo migliore di individuare le caratteristiche del ruolo, al di là della esperienza professionale individualmente sviluppabile, sarebbe quello di esaminare il tipo di formazione da cui il ruolo stesso dovrebbe trarre la sua origine.

Purtroppo, a differenza di quanto avviene da tempo in altri paesi, anche europei (9), in Italia la struttura di formazione professionale (Università e Scuole dei costruttori) lascia sostanzialmente scoperto il problema

cruciale delle finalità e delle metodologie secondo cui l'elaboratore può e deve inserirsi nel contesto aziendale; di conseguenza, in Italia, viene sostanzialmente a mancare il presupposto culturale per lo sviluppo di una scuola di analisti di sistemi informativi.
L'analista di sistemi informativi non è, o non è più primariamente, un tecnico EDP, ma è piuttosto uno specialista di organizzazione e procedure aziendali capace di trarre dalla analisi dei vari settori una sintesi coerente delle loro esigenze formative; tale processo di inquadramento può appoggiarsi alla adozione di metodologie di analisi funzionale del tipo di quella illustrate in (10) e (11).
La inadeguatezza di questo ruolo comporta il rischio di una automazione artificiosamente settoriale e scoordinata che dà come risultato una incapacità fisiologica a seguire la dinamica evolutiva della azienda e delle sue esigenze informative a meno di una continua e costosa attività di riprogettazione/modifica/rifacimento della biblioteca applicativa.
L'ampliamento dei compiti assegnati al centro EDP comporta anche un potenziamento delle funzionalità del sistema di elaborazione e una conseguente maggiore complessità delle sue modalità di impiego.
È in questa categoria di aziende che, per alcuni settori (tipicamente le vendite e il magazzino) si impostano progetti di automazione che garantiscano all'utente finale, per lo svolgimento della sua attività, una interazione di tipo dinamico con il sistema informativo attraverso terminali più o meno specializzati.
Per poter guidare un tale processo evolutivo è necessario, sia in fase di progettazione che di effettiva implementazione e successiva gestione, un nuovo livello di competenza tecnica che si aggiunga a quelli di programmatore e operatore introdotti nella fase precedente.
Ad assumere questo ruolo può essere selezionato o il programmatore che abbia dimostrato di aver acquisito la maggior esperienza nelle attività EDP o personale di provenienza esterna alla azienda.
La prima possibilità è tanto più probabile quanto maggiormente nel passato si sia deciso di investire nello sviluppo di un know-how interno.
Per quanto infine riguarda il ruolo del programmatore, se giustificato dalle caratteristiche dei problemi da trattare in questa fase, si può individuare una specializzazione nell'area delle applicazioni scientifiche per l'impiego di linguaggi tipo FORTRAN, BASIC, ALGOL, etc.

4.3 Risultati economici

I risultati conseguibili in questa fase si riconducono generalmente a riduzioni negli immobilizzi finanziari attuabili attraverso lo sviluppo di opportune politiche di approvvigionamento e di vendita a parità di livello di servizio al cliente.
Nel caso di aziende di produzione si possono anche ottenere sostanziali miglioramenti nella efficienza del processo produttivo che, evidentemente, non sono indipendenti dal miglioramento nella gestione dei prodotti intermedi e finali e dalla razionalizzazione delle procedure di vendita.

TABELLA 6 - Dinamica evolutiva della azienda

Dati di struttura	Anno 1970	1973
Fatturato (Miliardi di lire)	100	150
Di cui ricambi	33	60
Numero dipendenti	2000	3000

Un miglioramento nella gestione del capitale circolante è, a sua volta, ottenibile come diretta conseguenza delle nuove politiche di vendita basate sulla analisi del fido cliente e sulla esposizione finanziaria nei suoi confronti, così come di quelle di approvvigionamento (programmazione dei pagamenti).
A dare una indicazione del potenziale di redditività di questo tipo di interventi valga l'esempio illustrato nelle tabelle 6 e 7 relativo alla consociata italiana di una azienda europea operante nella commercializzazione di apparecchiature industriali e centrato sulla gestione dei ricambi che, in termini di fatturato, contribuiscono a un terzo del totale.
La valutazione del beneficio dell'intervento, è stata fatta, in sede preventiva, tramite simulazioni sull'andamento delle vendite e sul conseguente dimensionamento dei parametri di gestione delle scorte e, in sede consuntiva, sulla base dei risultati di gestione.

5. L'informatica a livello azienda

Nella terza classe di aziende si può ritenere disponibile una biblioteca applicativa in generale di rilevanti dimensioni (200-400 programmi) in grado di coprire tut-

TABELLA 7 - Redditività economica della gestione scorte

COSTO SVILUPPO PROCEDURE NEL 1973: 50 MLIRE
CONSUNTIVO ECONOMICO DELL'INTERVENTO:
ROTAZIONE MEDIA DELLE SCORTE MIGLIORATA DEL 15% NEL 1974 E 1975 A PARITA' DI LIVELLO DI SERVIZIO E QUINDI: - MINORI ONERI FINANZIARI: NEL 1974 PER 325 MLIRE NEL 1975 PER 750 MLIRE

te le principali problematiche gestionali; a seconda del modo con cui è stata concepita, il problema di mantenerla aggiornata con la dinamica evolutiva delle esigenze aziendali assorbe una più o meno rilevante percentuale delle risorse del gruppo di informatica.
Se lo sviluppo della biblioteca non è stato accuratamente coordinato questa attività di manutenzione può assumere un peso economico tale da bloccare l'evoluzione naturale del sistema informativo verso l'integrazione degli archivi e la estensione del suo impiego interattivo; in concreto, sono frequenti casi in cui assorbe più dell'80% delle risorse disponibili.
La integrazione degli archivi e la interattività sono due aspetti della stessa tendenza a rendere il sistema informativo capace di elaborazioni intersettoriali e sintetiche e quindi di assumere un ruolo essenziale di efficace supporto informativo nello sviluppo del processo decisionale (v. sezione terza della tabella 1).
Va sottolineato come i miglioramenti che in questa fase si possono attuare siano caratterizzati, sempre nell'ipotesi di una corretta impostazione iniziale, da un alto indice di redditività dato il livello relativamente marginale degli investimenti necessari.
Le principali voci di spesa incrementale in questo tipo di aziende riguardano la formazione dell'utenza all'uso sistematico del supporto informativo che si rende disponibile e alla assunzione delle diverse responsabilità che questo comporta e la razionalizzazione progressiva delle procedure di lavoro in pressochè tutti i settori della azienda.
Sono invece relativamente marginali gli investimenti in nuovo hardware (anche se la generalizzazione dell'impiego interattivo comporta la necessità di configurazioni ridondanti) e in nuove risorse; per quest'ultime si procede, in genere, ad una loro più razionale strutturazione.
In questo tipo di aziende, quando siano di maggiori dimensioni e articolate su più divisioni o su più unità operative geograficamente disperse, si può oggi anche presentare il problema di una evoluzione del sistema informativo che dalla concezione tradizionale rigorosamente accentrata lo porti su forme più o meno pronunciate di distribuzione della potenza di elaborazione.
Nell'ambito concettuale di questa impostazione si può anche inquadrare la prospettiva di estensione dell'informatica e del suo potenziale di razionalizzazione ad aree operative nuove e tipicamente a quella della attività di ufficio.
Tali possibilità fanno riferimento oltre che a tecnologie informatiche, anche a concetti organizzativi e sistemistici nuovi tuttora in fase di sperimentazione e che potranno divenire di adozione diffusa solo a partire dalla prima metà degli anni '80.
Non è qui il caso di approfondire le implicazioni economiche e sociali di queste prospettive (12); basti accennare al fatto che sono finalizzate a unificare nella tecnologia della elaborazione dati il trattamento di tutti i tipi di informazione che fluiscono nella struttura organizzativa eliminando i sistemi isolati e attualmente incompatibili dedicati rispettivamente al trattamento della voce, delle immagini del testo e delle informazioni.
L'obiettivo strategico è quello di aumentare significativamente l'efficienza delle attività cosiddette indirette che rappresentano la componente e più alto tasso di crescita nell'ambito del costo generale del lavoro che, a sua volta, costituisce l'elemento a maggior dinamica inflativa nelle società industriali.
Sviluppare il sistema informativo in queste direzioni richiede ovviamente da parte della azienda un livello di maturità non solo informatica, ma soprattutto organizzativa, che trovandosi oggi solo raramente disponibile nelle situazioni reali rappresenta l'elemento di maggior rischio dell'intera operazione (13).

5.1 Aspetti organizzativi e ruoli

L'informatica gioca in questa categoria di aziende un ruolo di importanza strategica e, conseguentemente, la responsabilità del Sistema Informativo viene spesso collocata a livello di staff nella direzione generale in uno con l'organizzazione.
La elaborazione dei piani di lavoro avviene tipicamente tramite un comitato direttivo che ha il compito di approvare il budget, definire le priorità dei vari interventi e verificare il grado di raggiungimento degli obiettivi. I costi del sistema informativo possono o meno essere ripartiti tra le varie funzioni aziendali utenti con l'obiettivo di misurarne più efficacemente la redditività. Un tale processo può assumere una rilevante funzione di stimolo se correttamente controllato mentre può dar luogo a degenerazioni se lasciato a sè stesso: basti pensare ai risultati cui può portare un malinteso senso di imprenditorialità che voglia trasformare il servizio elaborazione dati in un centro di profitto: lo stimolo, in questo caso, si riduce ad incentivare l'efficienza del centro a danno della efficacia del sistema informativo con deleteri risultati sulla redditività globale dell'investimento.
Per quanto specificatamente riguarda il gruppo di informatica la struttura organizzativa assume generalmente la forma riportata nella fig. 2.
Nelle aziende più evolute di questa categoria si assiste a un consolidamento delle tecniche di pianificazione dei progetti e di applicazione sistematica degli standard, internamente sviluppati o acquisiti dall'esterno, relativi alla attività di analisi, programmazione, documentazione, prova e controllo di qualità dei programmi.
I ruoli nuovi che si sviluppano sono relativi alla gestione della base di dati aziendali e alle comunicazioni; si tratta di ruoli tra loro interagenti e connessi con le funzioni di analisi e gestione del sistema informativo nel suo complesso.
Il compito del *gestore della base di dati* è di garantire, a fronte degli adattamenti e dei nuovi sviluppi applicativi, l'integrità e la coerenza dell'archivio integrato in cui sono memorizzati i dati attinenti ai vari settori operativi della azienda.
Questo compito richiede un controllo sulle modalità di accesso alla base di dati e quindi non può non influen-

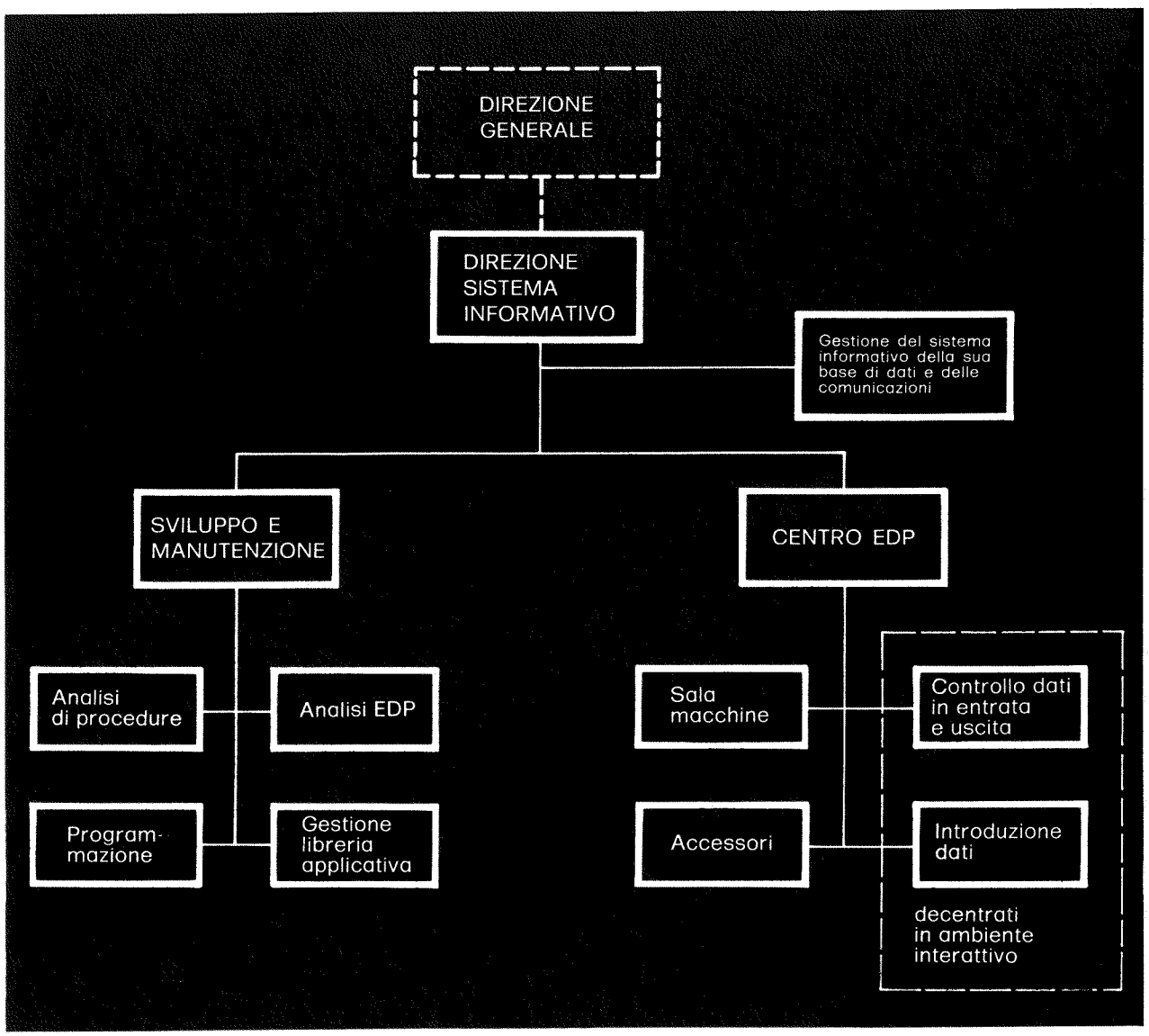


Figura 2 - Struttura della Direzione Sistema Informativo

zare i criteri di progettazione della rete di comunicazioni del sistema informativo.
Parallelamente, si tende anche a formalizzare il ruolo di gestione della libreria applicativa che, pur non richiedendo specifiche qualificazioni, assume una rilevante importanza nel garantire un livello accettabile di qualità ai programmi destinati a far parte della libreria.

5.2 Risultati economici

Rimanendo nell'area tipica della informatica classica (*) si capitalizza sui risultati settoriali raggiunti consolidandoli a livello di azienda.
È importante ribadire come questa operazione possa essere la più redditizia se il piano della informatica aziendale è stato visto sin dall'inizio con sufficiente prospettiva, mentre in caso contrario per il ruolo che ormai l'informatica gioca, possa costituire un vincolo strategico condizionante lo sviluppo dell'azienda stessa.
È anche interessante osservare come, in questa fase, si possano realizzare risparmi diretti e un'area caratteristica sia quella del Data Entry e del controllo Input/Output dovuti alle caratteristiche totalmente interattive che il sistema va assumendo.
Per un esempio di significativa qualificazione del po-

TABELLA 7 - Saldo costi/benefici nel tempo del sistema informativo aziendale

PERIODI / VOCI	1969 1973	1974	1975 1976
COSTI	850	310	620
BENEFICI	880	655	1.680
SALDO	30	355	1.060

(*) Non sono quindi qui considerati gli eventuali benefici di produttività conseguibili da estensioni all'area dell'automazione dell'ufficio.

tenziale di redditività economica attribuibile all'informatica in questo tipo di aziende si rinvia al caso illustrato in (14).
Di tale articolo, qui ci si limita a richiamare per completezza, nella tabella 7, il confronto tra la valorizzazione dei costi e dei benefici cumulati alla conclusione delle varie fasi in cui si è articolato lo sviluppo del sistema informativo, ambedue espressi nella stessa unità monetaria convenzionale.

6. Bibliografia

(1) W. F. SHARPE, "The economics of Computers", New York, Columbia University Press, 1969 (Traduzione italiana: "L'economia del computer", Boringhieri, Torino, 1977)

(2) P. MAGGIOLINI, "La valutazione economica dei sistemi informativi", Atti del Seminario Honeywell I.S.I./SDA-Università L. Bocconi su "L'economia dei sistemi informativi aziendali: realtà e prospettive", Milano, 27-29 Giugno, 1977

(3) K. GRINDLEY, J. HUMBLE, "The effective computer", Mc Graw Hill, London, 1973

(4) G. B. DAVIS, "Management Information Systems: conceptual foundations, structures and development", New York, Mc Graw Hill, 1974

(5) R. R. ANDRUS, "Approaches to information evaluation", Michigan State University Business Topics, Summer 1971

(6) C. F. GIBSON, R. L. NOLAN, "Managing the four stages of EDP growth", Harward Business Review, January-February, 1974 (Una traduzione italiana dell'articolo si può trovare nell'inserto Harward-Espansione N. 6 a cura della Scuola di Direzione Aziendale dell'Università L. Bocconi, Ottobre 1977, Mondadori, Milano)

(7) Una analisi a livello di economia nazionale sulle conseguenze del processo di informatizzazione è stata condotta per il caso Gran Bretagna in:
P. STONEMAN, "Technological diffusion and the computer revolution, the U.K. experience", Cambridge University Press, Cambridge, England, 1976
La metodologia di analisi presta il fianco a molte critiche, tuttavia risulta inoppugnabile, anche a livello delle cifre, la positività dell'impatto che l'informatica ha complessivamente avuto sulla qualità della occupazione.

(8) Una trattazione completa del caso e dei problemi che hanno imposto la scelta informatica si trova in:
R. CANTONI, P. MAGGIOLINI, A. PETRUZZELLIS, "L'automazione del ciclo amministrativo-contabile", atti del Seminario Honeywell I.S.I./SDA Università L. Bocconi su "L'economia dei sistemi informativi aziendali: realtà e prospettive", Milano, 27-29 giugno 1977

(9) R. L. ASHENHURST ha proposto nel 1971 nell'ambito di un programma di ricerca patrocinato dalla ACM (Association for Computing Machinery) un curriculum tipo di specializzazione in sistemi informativi che è poi stato sostanzialmente adottato da diverse Scuole di Amministrazione statunitensi, francesi e inglesi. Il curriculum è riportato in:
D. TEICHROW (editor): "Education related to the use of computer in organization", Communication of the ACM, September 1971

(10) P. BLASIO, "La progettazione dei sistemi informativi aziendali", Quaderni di Informatica, n. 7, 1977

(11) Honeywell Information Systems, "Building an information system - The BISAD method", Waltham, Mass, 1972

(12) Una sintesi generale dei possibili sviluppi a lungo termine e delle loro implicazioni sociali ed economiche è data in:
G. OCCHINI, "L'evoluzione dell'informatica: aspetti applicativi", Quaderni di Informatica n. 8, 1978
L'articolo riporta anche una bibliografia sufficientemente dettagliata per chi volesse approfondire l'argomento.

(13) G. OCCHINI, "Tendenze evolutive dell'informatica e riflessi economico-organizzativi", Atti del Seminario Honeywell I.S.I./SDA - Università L. Bocconi su "L'economia dei sistemi informativi aziendali: realtà e prospettive", Milano, 27-29 Giugno 1977

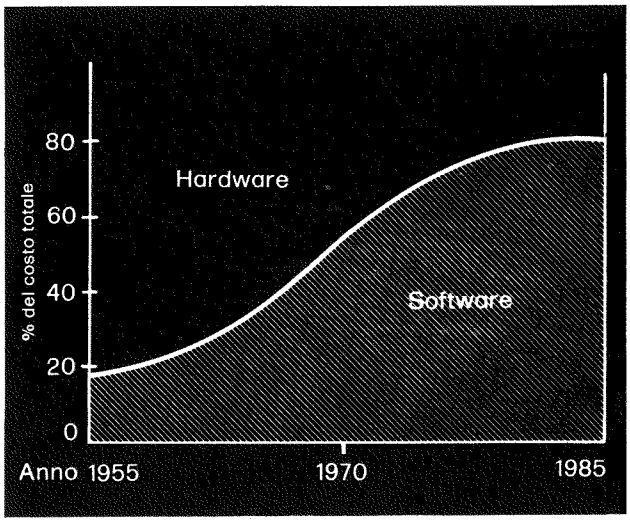
(14) F. VECCHI, "Impostazione e risultati di un sistema informativo integrato", Quaderni di Informatica, n. 8, 1977.

La conduzione e l'organizzazione del lavoro nei progetti di software

F. A. SCHREIBER
Politecnico di Milano
F. LIGUORI
Syntax S.p.A.

1. Introduzione

All'inizio della loro vita i calcolatori elettronici erano considerati essenzialmente come complesse apparecchiature circuitali il comportamento delle quali poteva essere guidato attraverso opportune istruzioni, fornite dall'operatore di volta in volta.
Le sequenze di istruzioni, in un linguaggio molto vicino alla struttura della macchina e pertanto difficile da usare, erano preparate da persone altamente specializzate che avevano una approfondita conoscenza della macchina stessa.
In termini di tempi e di costi, l'hardware assumeva quindi un ruolo di preponderanza schiacciante nei confronti del software e tale situazione rimase valida fino alla prima metà degli anni 50.
L'avvento delle tecnologie circuitali allo stato solido (elaboratori della seconda generazione) e l'introduzione di linguaggi ad alto livello (FORTRAN e COBOL), avvenuta in quegli anni, dovevano iniziare una svolta destinata a portare già ai nostri giorni, e prevedibilmente ancora di più nel futuro, ad un completo capovolgimento della situazione.
Infatti i costi dell'hardware sono andati sempre più decrescendo mentre - a parità di ingombro e di classe di elaboratori - le funzioni da esso svolte sono diventate sempre più complesse.
La possibilità di automatizzare procedure di produzione ha notevolmente contribuito a questi andamenti.
L'aumento di complessità dell'hardware, con la corrispondente necessità di utilizzarlo in modo efficiente anche da parte di utenti non specializzati, e la sempre maggior sofisticazione delle applicazioni che lo utilizzano hanno causato a partire dalla seconda metà degli anni 50 una "esplosione" nel campo della produzione del software il quale rappresenta quindi oggi il collo di bottiglia per tempi e costi di realizzazione come chiaramente dimostra il diagramma sotto riportato (14) (15) (16)
Nonostante tale tumultuoso sviluppo ventennale, la produzione di software si presenta oggi ancora come una tecnologia relativamente giovane e, come tale, carente di strutture organizzative e di controllo codificate in grado di governare saldamente strumenti sempre nuovi, che emergono con una velocità sconosciuta alla maggior parte delle altre tecnologie, e personale altamente specializzato con spiccate tendenze, all'inizio purtroppo sottovalutate, a trasferire un notevole grado di individualismo nel proprio lavoro. Tale carenza si riflette nella "regolarità" con la quale la maggior parte dei progetti software, in ogni parte del mondo, supera i limiti di tempo e talvolta anche quelli di costo previsti all'inizio del lavoro.
Per tale ragione sono apparsi recentemente degli studi di tipo ergonomico rivolti sia alla struttura e all'organizzazione dei gruppi di lavoro, sia agli strumenti e ai metodi per dirigerli e controllarli che derivano dall'esperienza fatta su progetti di grosse dimensioni (1) (2).
Sebbene essi siano sostanzialmente orientati alle problematiche di sviluppo del software presso i costruttori, essi si sono dimostrati validi anche nel caso di software house e di staff EDP di utenti con considerevoli volumi di procedure (17).
È da notare subito che tali lavori sono ben lontani dal



proporre "la soluzione", essi forniscono una serie di consigli ed osservazioni suffragati dall'esperienza che, pur talvolta ingenui e banali se considerati singolarmente, hanno il pregio di consentire una impostazione unitaria anche a progetti che occupano centinaia di persone contemporaneamente, e soprattutto di suggerire tecniche di controllo che si sono rivelate particolarmente efficaci in certi ambienti. Al loro seguito cominciano ad apparire ora lavori critici che propongono alternative basate su esperienze diverse e che tengono conto di un numero maggiore di parametri nelle valutazioni (3).
È pertanto pensabile che nell'immediato futuro si assisterà ad una fioritura di lavori su questi argomenti adattati ai diversi tipi di ambiente quali si possano riscontrare anche presso i piccoli utenti.

2. La pianificazione

La maggior parte dei problemi che insorgono nel corso di un progetto è dovuta, secondo Metzger (2), ad una carenza di pianificazione.
Egli insiste su questo concetto in tutti i punti del suo libro mettendo in rilievo come ogni problema ad ogni stadio del progetto possa essere fatto risalire ad errori o mancanze nella pianificazione iniziale o nelle pianificazioni delle singole fasi nelle quali ogni progetto software deve articolarsi.
Un primo grosso errore di pianificazione può essere rilevato già nella mancata o confusa definizione delle fasi stesse. Metzger a tale proposito suggerisce la seguente divisione:
1) fase di definizione
2) fase di progetto
3) fase di codifica e debugging dei moduli e loro integrazione
4) fase di test di sistema
5) fase di accettazione
6) fase di installazione
A seconda del tipo di sistema e di cliente, le fasi 5 e 6 possono talvolta mancare in quanto coincidenti colla fase 4. Le fasi devono essere pensate come susseguentesi nel tempo in periodi distinti, anche se in pratica esisterà una certa sovrapposizione tra fasi adiacenti.
In particolare è estremamente importante distinguere nettamente le fasi 1 e 2.
La fase 1 di definizione ha un duplice obiettivo: analizzare il problema e fare il piano di lavoro.
Per quanto riguarda il primo obiettivo si tratta di capire a fondo il problema in tutti i suoi dettagli ed implicazioni, ad iniziare dall'identificazione dell'utente finale e dall'ambiente operativo. Il risultato finale consiste nell'emissione delle specifiche funzionali che devono descrivere solamente in che cosa consiste il problema e non come si pensa di risolverlo.
Per quanto riguarda il secondo obiettivo, quello della pianificazione, sul quale vogliamo maggiormente soffermarci, è necessario che il responsabile della pianificazione tenga sempre presente, nel definire la durata ed il costo di un progetto, oltre che degli elementi propri del sistema in esame, dei seguenti fattori:

a) per il sistema vero e proprio
a.1) Formazione:
costo e durata del periodo di acculturamento e istruzione specifica del personale tecnico. In tale periodo vanno dunque compresi sia il tempo per l'apprendimento di eventuali linguaggi nuovi per il programmatore, sia il tempo per la familiarizzazione col sistema di sviluppo di cui si parla nel seguito, sia il tempo perchè l'analista ed il progettista possano acquisire un background sufficiente ad una approfondita conoscenza di un ambiente a loro ignoto (caso di lavori prototipi o su argomento totalmente nuovo), ecc.;
a.2) Test di sistema:
durata di un periodo di progettazione dei test di sistema basati sulle specifiche funzionali e di un periodo di esecuzione dei test, eseguiti da un gruppo di persone delle quali faccia parte almeno uno degli analisti o progettisti, ma distinto dal gruppo di programmazione, col quale deve stabilirsi un clima di "amichevole, ma non troppo, competizione";
a.3) Ausilii al progetto:
durata e costo della progettazione di prototipi e simulazioni che si dovessero rendere necessari nel caso di progetti particolarmente complessi. Questi strumenti devono essere disponibili al più presto in modo da poter verificare le diverse alternative ancora nella fase di progetto. È importante ricordare che è stato valutato nei sistemi hardware che il costo di un errore viene moltiplicato per 10 ad ogni stadio lungo cui si propaga. È ragionevole supporre che tale valutazione sia valida anche per sistemi software; ne risulta quindi l'importanza che il progetto possa essere impostato su scelte corrette fin dall'inizio;
a.4) Variazioni di specifiche:
tenere conto di probabili cambiamenti sia nelle richieste dell'utente, sia nelle condizioni di lavoro, sia nel progetto originario, sia dovuti ad altri motivi non prevedibili a priori. Il problema non è quindi quello di evitare i cambiamenti, ma di saper controllare il loro effetto e valutare il loro impatto sul piano di avanzamento e dei costi originario.
b) per il sistema di sviluppo
b.1) Tempo macchina:
disponibilità e costo del calcolatore per le prove;
b.2) Strumenti software:
disponibilità e costo di compilatori, interpreti, sistemi operativi, strumenti software di aiuto al debugging. Eventuali tempi e costi di produzione interna di strumenti software ad hoc;
b.3) Sistemi speciali:
possibilità di uso di sistemi di sviluppo interattivi. È infatti dimostrato che la produttività di un programmatore aumenta all'aumentare dell'effettiva disponibilità della macchina.
Un sistema di sviluppo di tipo time-sharing consente una produttività (in linee di codice/ora) circa doppia rispetto allo stesso sistema usato in batch-mode (4).
Le specifiche funzionali ed il piano dei tempi e dei costi vanno a costituire un documento unico di riferimento per tutte le fasi successive. Tale documento deve essere scritto con la massima cura e chiarezza in modo da

non suscitare dubbi. Se alcuni punti non sono stati esaminati o approfonditi sufficientemente, ciò deve essere detto esplicitamente.
Si ricorda infine che l'azione di pianificazione non termina colla fase 1, ma prosegue nella fase 2 e, sebbene in misura minore, anche in quelle successive per quanto riguarda problemi specifici o variazioni a quanto stabilito.
In totale le fasi 1 e 2 dovrebbero occupare complessivamente dal 25 al 33% della totale durata del progetto.

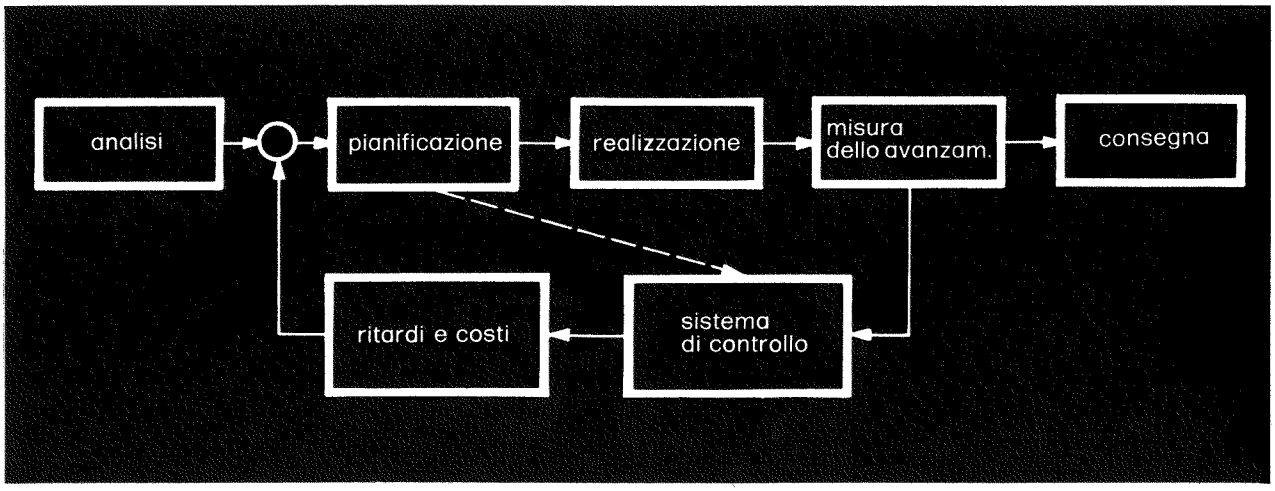
3. Strumenti e metodi per pianificazione e controllo

Una pianificazione accurata non è più sufficiente al buon andamento di un progetto se non è accompagnata da un efficiente sistema di controllo. Impiegando il linguaggio della teoria dei sistemi, possiamo schematizzare il ciclo di produzione nel modo di figura.
Il sistema di controllo deve quindi consentire di retroazionare le misure sullo stato di avanzamento dei lavori in modo da rilevare gli eventuali, e purtroppo immancabili, scostamenti dal piano stabilito e consentire la scelta di provvedimenti tendenti a riportare il sistema entro tale piano. Qualora ciò non fosse possibile si rendono necessarie modifiche al piano stesso, modifiche che talvolta si rendono radicali.
Tra gli strumenti classici di aiuto alla pianificazione ricordiamo qui:
- i diagrammi a barre (o di Gantt), utili in genere per definire l'impegno di determinate risorse;
- la definizione di caposaldi facilmente identificabili. Tali caposaldi costituiscono in effetti gli enti misurabili del sistema di misura dell'avanzamento;
- i diagrammi PERT, utili per definire le interdipendenze tra i vari componenti (persone, attività, caposaldi) del lavoro.

Su tali strumenti non vale la pena di soffermarsi in quanto già largamenti noti (9).
Vogliamo invece notare che tali strumenti presuppongono una prima stima di tempi e costi. Esistono quindi strumenti che possono guidare il manager ed il progettista in questa valutazione preliminare?
Su questo problema esistono alcune proposte, che possono essere riassunte come segue.

a.1) *dossier storici dei progetti.* Tali dossier, dovrebbero consentire il confronto delle condizioni del progetto in esame con quelle di progetti analoghi già realizzati e, mediante un esame critico dei fatti consuntivi di tali progetti, dovrebbero facilitare una stima abbastanza realistica delle risorse e dei tempi necessari (2).
Ogni dossier dovrebbe contenere, eventualmente in copia, per ogni progetto:
a. offerta originale con allegato tecnico e preventivo in mesi solari, qualifiche del personale e mesi/uomo;
b. eventuali modifiche e ampliamenti intervenuti in offerte successive;
c. tutti i rapporti di avanzamento o lettere inviate dal capo progetto;
d. nomi e qualifiche del personale tecnico che vi ha lavorato;
e. consuntivo in mesi/uomo e mesi solari;
f. riassunto di tutte le eventuali cause di ritardo;
g. preciso riferimento alla posizione in biblioteca della documentazione tecnica e precisamente:
- specifiche funzionali
- specifiche di progetto
- documentazione di prodotto comprendente il listing del sorgente
- eventuali manuali di utente.

a.2) *Banca dati dei costi.* È l'aspetto economico dei dossier storici dei progetti. La costituzione di una banca di dati dei costi é però estremamente più delicata in quanto bisogna accertarsi che le cifre siano effettivamente confrontabili, con tutti i problemi che ciò comporta. Tuttavia se l'attività dell'azienda comprende un certo numero di lavori abbastanza simili, può ben valer la pena di costruire tale strumento che consente una buona valutazione a priori del costo del progetto (5).
Si tratta quindi in entrambi i casi di riutilizzare efficacemente il know-how manageriale e quello commerciale già presenti nell'azienda, così come si tende a riutilizzare il know-how tecnico (componenti software).
Vediamo ora quali strumenti possono essere di aiuto nella fase di controllo (10). Anche qui non si farà un elenco completo, ma si esamineranno quelli che sono di particolare interesse.
b.1) *Garanzia della correttezza del disegno.* Innanzi tutto è necessario che il progetto del sistema sia corret-



to fin dall'inizio; abbiamo infatti notato già come il costo e le ripercussioni di un errore vengono circa decuplicati ad ogni stadio di propagazione. In particolare la fine del progetto rappresenta quasi sempre un punto di non-ritorno nella realizzazione del sistema e quindi è di estrema importanza verificare sia gli aspetti tecnici che quelli di pianificazione.
Purtroppo i progettisti non sono le persone più adatte per fare questo esame critico in quanto il loro lavoro può essere anche il risultato di pressione esterne o può risentire di un eccessivo ottimismo, dettato da un clima di competizione interno all'azienda. Metzger (2) suggerisce quindi di organizzare una riunione per la revisione, invitando ad essa persone esterne.
Tali persone oltre ad essere competenti sul piano tecnico e manageriale, devono essere totalmente disinteressate all'andamento del progetto. La revisione, che per in progetto della durata di un anno solare potrà durare da tre a cinque giorni, avrà lo scopo di vivisezionare il progetto ed il suo piano di avanzamento e impegno risorse per rivelarne tutti i punti oscuri o errati. In tal modo sarà possibile correre ai ripari tempestivamente, prima di mettere in moto tutta la macchina logistica collegata alla produzione.
Ai revisori esterni dovranno essere forniti i documenti scritti prima della riunione, in tempo utile perchè riescano a leggerli e rifletterci approfonditamente.
Sarà bene che il cliente non partecipi a questa riunione dato che "è bene lavare i panni sporchi in casa propria"; eventualmente lo si potrà far intervenire ad una riunione successiva nella quale gli possono essere prospettate soluzioni diverse ai problemi emersi nella seduta di revisione.
Nella scelta di revisori esterni bisogna fare attenzione, se questi sono esterni al progetto, ma non all'azienda, che essi non si lascino trascinare dal gusto di criticare ad ogni costo, sia per farsi belli agli occhi dei superiori, sia per screditare un possibile concorrente nella carriera.
b.2) *Rilevamenti dello stato di avanzamento del progetto.* Lo strumento classico di misura dell'avanzamento di un progetto software è costituito in genere dai rapporti periodici che i responsabili dei vari sottosistemi compilano. Possiamo dire che il capo-progetto è oggi in balia di tali rapporti in quanto difficilmente potrà accertarsi di persona della correttezza di un programma o del numero di ore macchina effettivamente consumate, gli unici caposaldi chiaramente identificabili essendo la fine della fase di progetto, l'arrivo di una particolare unità hardware, l'accettazione da parte del cliente. È quindi necessario che i rapporti periodici facciano sempre e solo riferimento a quei caposaldi definiti dal piano di avanzamento. Ad esempio, la affermazione che: "il lavoro procede secondo i piani e alla data del ....60% della codifica era già effettuata" è una affermazione molto fumosa; meglio sarebbe affermare che "alla data del .... 5 moduli su 7 erano stati completamente codificati e sono entrati in fase di test, 1 è in fase di codificazione e 1 deve essere ancora codificato".
I problemi per rendere i rapporti periodici veramente efficaci, non si esauriscono con la loro precisione, ma è necessario che essi siano veritieri. Ciò dipende essenzialmente da chi li compila e quindi il responsabile dovrà ben conoscere i propri uomini per valutare la affidabilità dei rapporti periodici e svolgere un'azione "educatrice" nei loro confronti stimolandoli alla massima sincerità; potrà anche ricorrere ad una verifica personale attraverso colloqui diretti, quando una serie di rapporti ottimistici faccia nascere qualche perplessità.
Tale modo di procedere, messo insieme ad un complesso di regole che tendono a formalizzare l'azione di controllo e gestione, è di per se stesso indice di quella carenza di strumenti alla quale si è accennato nell'introduzione. È auspicabile che strumenti di verifica che consentano controlli incrociati permettano in futuro di svincolare l'azione di controllo dal "fiuto" della singola persona (12).
Bisogna infine aggiungere che il rapporto di avanzamento deve essere un strumento esclusivamente ad uso interno. Talvolta infatti l'ottimismo di alcuni rapporti può esser imputato al loro uso nei confronti del cliente.
Fra gli strumenti di verifica dell'avanzamento ci sembra interessante citare la "Libreria di progetto" che raccoglie tutti i programmi ai loro diversi stadi di avanzamento, utilizzabile contemporaneamente come strumento di controllo e di ausilio allo sviluppo (18).
b.3) *Change Control Board* Si è accennato dianzi che una corretta pianificazione deve tener conto di possibili variazioni.
La procedura di controllo deve quindi avere uno strumento che permetta di controllare le variazioni e valutarne l'impatto in termini di tempi e costi del progetto. In generale l'apporto di variazioni in una fase avanzata comporta ripercussioni costose e non facilmente valutabili.
Per tale motivo Metzger (2) consiglia una procedura di controllo delle variazioni piuttosto complessa e burocratizzata composta da una fase istruttoria, affidata ad un analista, e ad un giudizio dibattimentale di un comitato nel quale siano presenti, oltre al proponente la modifica e all'analista che l'ha valutata, tutti i maggiori responsabili del progetto. Se tale procedura può sembrare eccessivamente complessa per progetti di dimensioni piccolo medie, ciò nonostante è importante arrivare a una valutazione quantitativamente accurata e in base a questa decidere:
1) se la proposta di modifica parte dall'interno, quanto essa sia una effettiva necessità e quanto invece una ottimizzazione o rifinitura differibile ad una successiva versione del prodotto;
2) se la proposta parte dal cliente, quanto essa costa in termini di tempo e di denaro, che, in caso di accoglimento, dovrà comunque essergli addebitato.
b.4) *Possibilità di recupero dei ritardi.* Consideriamo infine il problema di correggere gli eventuali ritardi quando ciò sia ancora possibile. È chiaro che a parità di funzionalità finale e di data di consegna, l'unico possibile rimedio è di aumentare le risorse attribuite al progetto in crisi. A questo proposito Brooks (1) rivela

un pessimismo esistenziale asserendo che "aggiungere personale ad un progetto in ritardo, lo ritarda ancora di più". Ciò è infatti verificato se, una volta calcolato il numero di mesi uomo da aggiungere per colmare il ritardo, si aggiunge una forza lavoro esattamente pari al valore calcolato. Le nuove persone infatti dovranno subire un periodo di istruzione prima di diventare produttive, e ciò sarà fatto sottraendo tempo a persone già pienamente produttive, coll'effetto totale di aggravare il ritardo.
Gordon e Lamb (3) hanno però dimostrato che la situazione può essere effettivamente sanata se, con una decisione molto coraggiosa, il responsabile del progetto aggiunge molta più manodopera di quanta risulterebbe necessaria, già dal primo comparire di ritardi. In tal modo il ritardo sarà ancora rilevabile ai primi caposaldi successivi, ma sarà scomparso alla scadenza finale.
Queste considerazioni portano ancora una volta a sottolineare l'importanza di una corretta pianificazione dei periodi di istruzione e del fatto che la produttività di un gruppo è sempre inferiore alla somma delle produttività dei singoli componenti a causa dell'overhead dovuto alle comunicazioni tra i componenti stessi.

4. Aspetti organizzativi

Affinchè un progetto presenti un'omogeneità e integrità concettuale è necessario che il suo disegno architettonico venga concepito da un ristrettissimo numero di persone. Brooks (1) calcola che per un progetto di 5000 anni-uomo quale l'O.S.360 sarebbe stato sufficiente un gruppo di non più di 10 architetti. Il compito di queste persone è di definire completamente e dettagliatamente la visibilità di utente in modo che alla ricchezza di funzioni si accompagni una estrema semplicità di uso.
Inserire troppe persone a livello di disegno architettonico significa creare delle disomogeneità a livello delle diverse funzioni, disomogeneità che poi l'utente paga con la loro difficoltà d'uso (vedi li succitato O.S.360). È anzi necessario che gli architetti vincano la tentazione di inserire troppe funzioni, facendo attenzione a che funzioni facilmente eseguibili manualmente o in modo semiautomatico (interattivo) da parte dell'operatore non divengano programmi complessi in caso di un'implementazione completamente automatica. In ciò sarà utile una fattiva interazione col gruppo degli implementatori.
Quanto a questi ultimi sono coloro che devono tradurre in soluzioni tecniche appropriate la architettura proposta dagli architetti. In altre parole sono coloro che debbono dire come realizzare il che cosa contenuto nel disegno architettonico. Anche in questo caso la soluzione più attraente è quella di avere poche persone molto esperte. Purtroppo a causa dei limiti di tempo, molto spesso nel prodotto mesi-uomo è necessario che il secondo fattore sia grande. La soluzione all'estremo opposto quindi é l'approccio "cinese", quella cioè di inondare il progetto di persone, ognuna delle quali è responsabile di 1 n-esimo dell'implementazione totale.
Gli svantaggi di questo metodo risiedono ovviamente in una grande difficoltà di coordinamento e nel fatto che il livello medio di esperienza e capacità diminuisce notevolmente.
Per ovviare agli inconvenienti dei due metodi estremi, Mills (6) ha proposto l'organizzazione del gruppo di implementazione in squadre organizzate gerarchicamente agli ordini di un unico responsabile con poteri assoluti: il Programmatore Capo (Chief Programmer Teams).
Tali squadre, composte da una decina di persone, lavorano come le equipes chirurgiche (1):
- *il Chirurgo*
(Programmatore Capo) definisce personalmente le specifiche, progetta i programmi, li codifica, li prova e li documenta. È una persona molto esperta (10 anni) e con notevole cultura sistemistica e applicativa; è il responsabile assoluto del prodotto;
- *il Co-pilota*
è la "spalla" del chirurgo e collabora con lui in tutte le attività creative. Tiene i rapporti colle altre equipes ed è pronto a sostituire il chirurgo in caso di emergenza, ma non scrive abitualmente del codice;
- *l'Amministratore*
è l'interfaccia col resto dell'organizzazione per quanto riguarda finanziamenti, personale, logistica, calcolatori. Può essere condiviso da due equipes;
- *l'Estensore della documentazione*
critica, completa rifinisce e aggiorna la documentazione prodotta dal chirurgo e ne cura la pubblicazione e diffusione;
- *due segretarie*
per l'amministratore e la documentazione;
- *l'addetto ai programmi*
è responsabile della manutenzione delle librerie di programmi. Se lo sviluppo avviene in modo batch, si occupa dell'imput/output dei vari "run" e mantiene le copie aggiornate dei listing. Se lo sviluppo avviene in modo interattivo, mantiene aggiornato il file programmi;
- *l'attrezzista*
fornisce gli strumenti necessari al chirurgo (servizi interattivi, utilities, ecc.);
- *il collaudatore*
prepara al chirurgo i dati sia per il debugging giornaliero sia per i test di sistema;
- *l'esperto in linguaggi*
risolve in maniera efficiente tutti i problemi specifici di programmazione in un dato linguaggio. Può essere condiviso tra più equipes.
Secondo i proponenti di tale organizzazione, essa riesce a mettere in grado il chirurgo di produrre i programmi in modo altamente efficiente, consentendogli di concentrarsi su questa sola attività e lasciando agli altri membri della squadra le attività ausiliarie. Inoltre rimane il vantaggio, per il management, di interfacciare solo con un piccolo gruppo di esperti (i chirurghi o i loro assistenti) pur mantenendo una forza lavoro adeguata alle dimensioni e ai limiti di tempo imposti dal progetto.
L'uso del "chief programmer team" rappresenta quindi

una specie di "rivoluzione copernicana" rispetto all'organizzazione tradizionale, nella quale la persona più anziana ha compiti di coordinamento e di arginamento di tutte le "grane" nei confronti di una squadra di più giovani programmatori, che hanno il compito di codificare "a testa bassa".
La sua applicabilità tuttavia, se è giustificabile in grossissimi progetti, può essere problematica in ambienti dove vengono portati avanti molti progetti di piccole-medie dimensioni e dove frequentemente è necessario avere diretti contatti col cliente, quando addirittura questi non partecipi in prima persona allo sviluppo del progetto stesso. Inoltre la fortissima centralizzazione può portare a gravi scompensi nel progetto in caso di temporanea o permanente (dimissioni) indisponibilità del capo programmatore.
Volendo quindi mantenere un tipo di organizzazione più "classica" dell'equipe di programmazione, è importante che siano assicurati comunque due requisiti:
- una certa omogeneità del metodo di lavoro;
- un basso tasso di ricambio del personale all'interno di un progetto.

È evidente come il secondo requisito abbia influenze profonde anche sul primo, ma è preferibile tenerli separati in quanto il loro ottenimento implica provvedimenti specifici.
L'omogeneità nel metodo di lavoro può essere ottenuta grazie ad una preventiva "educazione" dei programmatori all'uso di tecniche di programmazione e documentazione, generali o specifiche del progetto, che tendono ad evitare, quanto più possibile, l'uso di "trucchi" raffinati di codifica incomprensibili a chiunque (dopo qualche tempo anche allo stesso programmatore). Tali tecniche quali l'uso dei linguaggi ad alto livello, la programmazione strutturata, la documentazione strutturata, sono oggetto di numerose pubblicazioni e libri specialistici.
Ciò che ci sembra importante rilevare quì, sia per l'andamento del progetto che per l'acquisizione di know-how da parte del personale, è che tutti i membri dell'equipe di programmazione dovrebbero essere a conoscenza, almeno a grandi linee, dell'andamento di tutto il progetto. Dato che in pratica si riscontra spesso una certa incomunicabilità tra le varie persone (7), almeno per quanto concerne gli argomenti tecnici, Metzger (2) suggerisce l'effettuazione di riunioni periodiche (mensili) di tutta l'equipe di programmazione nelle quali le persone si raccontino lo stato del lavoro e i problemi incontrati. Anche se tali riunioni devono essere istituzionalizzate, il loro svolgimento dovrebbe essere piuttosto informale, in modo da non sottrarre per la loro preparazione troppo tempo al lavoro produttivo. A tali riunioni dovrebbe intervenire anche il capo-progetto. Si noti che esse non sono sostitutive o doppioni dei rapporti di avanzamento; questi infatti hanno uno scopo essenzialmente di controllo manageriale, quelle sono invece punti di incontro esclusivamente tecnici. Tali riunioni quindi accoppiano il vantaggio di una più ampia diffusione di conoscenze tecniche a quello di abituare il personale tecnico, specialmente i più giovani, ad esporre ad altri il proprio lavoro, obbligandolo così a chiarirlo in primo luogo a se stesso.
L'ottenimento di un basso tasso di ricambio del personale, (11) è un obiettivo molto complesso che coinvolge problemi economici, di carriera, e psicologici: in poche parole tutti gli aspetti della gestione del personale.
In questa sede vogliamo solo indicare quanto è emerso in uno studio del 1973, sfociato in un insieme di regole di gestione del personale noto come Human Resource Matrixing (HRM) (8). Nucleo di tale metodo è la netta definizione di un possibile insieme di carriere da rendere noto al personale, in modo che ognuno possa identificare la propria strada all'interno dell'azienda e costruirsi la propria carriera compiendo tutti i passi necessari al suo svolgimento, in questo aiutato attraverso periodici (semestrali) colloqui col management. Tali passi possono consistere nella partecipazione a corsi di aggiornamento specifici, nella richiesta di essere assegnato a particolari progetti o compiti ecc. A questo fine, il management deve anche definire molto dettagliatamente due matrici:
a) una matrice dei requisiti per ogni posizione di carriera
b) una matrice delle esperienze delle persone.

È compito del management, aiutato in ciò dai colloqui periodici cui si è accennato sopra, di far coincidere quanto più possibile l'assegnazione dei compiti e delle posizioni coi desiderata del personale e coi dati contenuti nelle due matrici, in modo da ottenere sia il massimo profitto dal know-how interno, sia una generale soddisfazione del personale stesso.
Come ultimo argomento vogliamo infine puntualizzare il fatto che l'organizzazione delle equipes di programmazione "per progetto", qui descritta, non è l'unica possibile e presenta lo svantaggio che raramente un gruppo, affiatato durante un lavoro di parecchi mesi in comune, può essere, come tale, riutilizzato in un altro progetto.
Altri tipi di approccio consistono nell'organizzazione "per funzioni" oppure "a matrice". Entrambi però presentano notevoli problemi e vanno applicati con molta attenzione; non le descriveremo quindi qui, rimandando direttamente alla bibliografia (7).

5. Conclusioni

In questo rapporto si è cercato di fare una panoramica sui principali aspetti della gestione e controllo dei progetti di software, soffermandosi particolarmente sulla pianificazione, sugli strumenti di controllo e sull'organizzazione del lavoro di programmazione.
Vorremmo a questo punto fare una riflessione: "in che cosa differisce la produzione industriale del software da altri tipi di produzioni industriali, quali ad esempio quelle manifatturiere? Come tale differenza si riflette sui problemi di conduzione dei progetti?"
A nostro avviso la differenza essenziale sta nel carattere prototipale di ogni realizzazione software; la produzione in serie è in questo settore sconosciuta. Anche quando il prodotto assume la forma di package che, più o meno personalizzato, viene venduto in molti

esemplari, l'aspetto produttivo è sempre relativo alla realizzazione di una sola copia, che viene poi replicata più e più volte attraverso i procedimenti di generazione.
Nel caso di un'industria manifatturiera quale, ad esempio, quella automobilistica, una volta realizzato il prototipo, parte il vero e proprio meccanismo della produzione in serie, con tutti i problemi relativi alla costruzione di molti esemplari dello stesso modello, quali ad esempio l'allestimento e la gestione delle catene di montaggio, l'approvvigionamento delle varie parti, la gestione dei magazzini, la manutenzione degli impianti, ecc., problemi che sono in massima parte sconosciuti al responsabile della "produzione" di software.
Quest,ultima è il frutto in massima parte di un lavoro intellettuale, quale si può riscontrare solo nella direzione ricerca e sviluppo delle industrie manifatturiere e pertanto non è assoggettabile a misure di produttività quali si riscontrano nelle analisi di tempi e metodi.
Da tale caratteristica nasce pertanto la difficoltà della pianificazione della "produzione" di software, con tutte le conseguenze ed i problemi che abbiamo cercato di illustrare.

6. Bibliografia

(1) F. P. BROOKS - "The mythical man-moth" - Addison Wesley 1975

(2) P. W. METZGER - "Managing a programming projet" - Prentice Hall 1973

(3) R. L. GORDON, J. C. LAMB - "A close look at Brooks'law" - Datamation June 1977

(4) J. OGDIN - "Auerbach: Computer programming Management 13-03-01" - Auerbach Publ. Inc. 1976

(5) M. RESCHKE - From project specific cost information to cost Data Bank" - Proceding 4th INTERNET seminar, Zurich, Oct. 1975

(6) H. MILLS - "Chief Programmer teams, principle and procedures" - IBM Federal Systems Division Report FSC 71-5108-1971

(7) A.A.V.V. - "Auerbach: Computer Programming Management 11-03-01" - Auerbach Publ. Inc. 1974

(8) R. FERRARA - "Auerbach Data Processing Management 2-01-09" Auerbach Publ. Inc. 1977

(9) H. C. LUCAS - "Auerbach: Computer programming Management 11-03-05" - Auerbach Pubbl. Inc. 1974

(10) H. C. LUCAS, W. C. HETZEL - "Auerbach Computer Programming Management 11-04-01" - Auerbach Pubbl. Inc. 1975

(11) R. G. CANNING - "Managing Staff Retention and Turnover" - EDP Analyer, Vol. 5 n. 8, Ang. 1977

(12) A. E. BURGOR - "Software Production Management: needs and Techniques" - Infotech State of the Art Report on software Engineering, Vol. 11 - 1972

(13) M. ROSSI - "L'evoluzione dell'architettura dei sistemi per l'elaborazione elettronica dei dati" - Quaderni di Informatica (HISI) - Anno 1 n. 1 Marzo 1974

(14) B. BOHM - "Software and its impact: a quantitative assessment" Datamation May 1977

(15) "La dinamica mondiale dell'industria informatica" Management e Informatica AnnoXVI - n. 5, Maggio 1976

(16)H. D. MILLS - "Lo sviluppo del software" - Sistemi e Automazione Anno XXIII, 174, Sett. 1977

(17) R. CANNING - "Using some new programming techniques" EDP Analyzer, November, 1977, Vol. 15, Nov. 11

(18) D. SCRIGNARO, P. TARONI, T. TUCCI - "Le librerie di progetto come strumento di controllo della produzione del software" - Giornate Honeywell su esperienze e orientamenti di programmazione strutturata, Milano, Giugno 1976 - Rivista di Informatica, Vol. VII, NO 3/4,1977.

Sulla utilizzazione dell'elaboratore nella linguistica

CARLO MINNAJA
Istituto di Matematica Applicata
Università di Padova

1. Introduzione

La prima idea di applicare una schematizzazione matematica nello studio di alcuni fenomeni linguistici ha già largamente più di un secolo di età: le prime possibilità furono intraviste nel 1847 dal matematico Bunjakovskij nel campo della statistica linguistica e nel raffronto di statistiche effettuate per lingue diverse. D'altro canto, non soltanto i mezzi matematici a disposizione hanno condotto a nuove metodologie negli studi linguistici; è avvenuto anche il fenomeno inverso. Infatti uno dei più potenti strumenti della matematica moderna, il processo stocastico, che ha totalmente rivoluzionato il modo di affrontare certi problemi fisici, ha avuto una prima forma nelle catene di Markov; e le catene di Markov nacquero dalla considerazione delle diverse probabilità di comparizione di lettere o di gruppi di lettere nel poema "Eugenio Onegin" di Puskin. Nel calcolo delle probabilità, catene di Markov sono successioni di variabili casuali in cui ciascuna delle variabili dipende solo da quella immediatamente precedente).

Attualmente, con la locuzione "linguistica matematica" non si intende un campo ben definito, bensì un insieme di numerosi argomenti linguistici che hanno attinenza con un qualsiasi argomento matematico inteso in senso lato, come statistica, schematizzazione, logica, formalizzazione, modellistica, informatica, probabilità, teoria degli insiemi, teoria dei sistemi. Alcuni di questi argomenti stanno assumendo una configurazione a sè. La statistica linguistica è già delineata entro certi confini, con le sue leggi di probabilità di apparizione di certe unità fonetiche o grafiche, ed è un supporto di base per considerazioni che sfociano nella teoria dell'informazione. La linguistica computazionale riguarda invece il linguaggio come oggetto di azione del computer, tanto che la linguistica tradizionale può essere considerata come una parte della linguistica computazionale. I vari calcoli delle distanze tra fonemi invece appartengono al gruppo di tentativi per una modellistica della lingua.

L'uso di una macchina da calcolo che indagasse qualcuno degli argomenti citati è relativamente antico e data da circa 30 anni, e, ovviamente, ha preso l'avvio dalla statistica. Fin dal 1946 R. Busa, S.J., professore all'Aloisianum di Gallarate, pensò alla compilazione dell'*Index Thomisticus*, che documenta il vocabolario del latino medioevale usato in 179 opere dal IX al XVI secolo, per un totale di 10.600.000 parole. Tale opera monumentale (della quale attualmente sono usciti 31 volumi, ma che supererà i 50 quando sarà completamente stampata) è il primo grande esempio dell'uso del computer per opere di linguistica. Naturalmente, dalla macchina meccanografica sulla quale fu iniziato il lavoro a Gallarate, agli ultimi computer sui quali il lavoro va verso il suo completamento, molto tempo è passato, e la tecnologia ha fatto passi da gigante.

2. Impiego dell'elaboratore nella linguistica

L'uso più elementare della macchina da calcolo nella linguistica matematica è di tipo statistico. Il problema principale è sapere quali statistiche si vogliono fare per scegliere di conseguenza il tipo di approccio, la tecnica, il calcolatore più adatto. Purtroppo l'organizzazione del lavoro adottata dai linguisti è solitamente opposta a quella dei cultori di scienze esatte. I linguisti eseguono decine di statistiche senza poter prevedere, in genere, quali sono quelle che si dimostreranno significative. La successiva scelta di significatività discende dall'esame di decine o centinaia di tabelle, solitamente già interpretate da un matematico o un informatico. Peraltro già i parametri che si scelgono per interpretare le statistiche conducono fatalmente verso certe tesi piuttosto che verso certe altre, il che, come è ormai universalmente accettato, rende le statistiche buone un po' per tutti gli usi. Nello stadio finale il linguista decide quale interpretazione porta un contributo ad un problema reale nel campo della linguistica.

Le operazioni di un computer che di solito servono a un linguista non sono molte, e sono principalmente

confronti, riordinamenti, conteggi, plotting. Per raggiungere questi risultati il calcolatore ha bisogno anche di registrare, leggere, ricopiare e stampare. Questo uso dei calcolatori in aiuto ai linguisti è assai meno frequente di quanto sarebbe auspicabile, e ciò è lamentato da vari ricercatori. Infatti per arrivare a tale utilizzazione sono necessarie varie coincidenze. Dapprima il linguista pone il problema in termini generali; quindi un matematico deve capire quale matematica va applicata. Già questo è un problema grosso, perchè il matematico solitamente insegue un suo modello logico a priori, spesso diverso da quello a cui arriverà a posteriori il linguista. Quando si arriva a porre il lavoro in termini operativi, interviene un altro problema: quale calcolatore usare? La soluzione dipende da un complicato equilibrio tra le potenzialità tecniche di un calcolatore, come la memoria o la velocità di elaborazione dei dati, e le effettive possibilità d'uso, che possono essere messe in crisi dalla non facile accessibilità, dalla scarsa disponibilità di tempo-macchina, dalla carenza di personale, dalla penuria di fondi. Inoltre il programmatore diventa in un certo qual modo l'arbitro della situazione, perchè valuta tempi, costi e fattibilità, e pertanto può indirizzare la ricerca verso l'effettuazione di una statistica piuttosto che di un'altra. In alcune università americane c'è un intero centro di calcolo a disposizione del dipartimento di linguistica, con linguisti, matematici, statistici, informatici e programmatori che si integrano a vicenda. In Italia siamo ben lontani da situazioni simili e assai raramente il lavoro è seguito da più di un programmatore, che opera su una sola macchina; soltanto il CNUCE di Pisa possiede dal 1968 una sezione linguistica e attualmente quasi tutte le università italiane e i centri del CNR che si occupano di linguistica utilizzano gli impianti e i programmi di utilità di tale sezione del CNUCE.

Forse singolare è il fatto che spogli elettronici di opere italiane vengono curate sistematicamente dall'università olandese di Utrecht. Sono stati approntati spogli delle opere di Dante in volgare e di parecchie altre opere dell'italiano delle origini e del Duecento. Per confrontare la lingua di quei tempi con quella attuale sono stati eseguiti spogli elettronici anche di opere contemporanee, ad esempio di Calvino, Moravia, Cassola, Bassani, Pavese, Sciascia, Pasolini, Gadda. Il direttore dell'intera opera è il prof. Mario Alinei dell'università di Utrecht, la casa editrice è "Il Mulino" di Bologna. Solitamente viene usato un calcolatore con schede già predisposte per analizzare ogni parola secondo le categorie tradizionali della grammatica italiana. C'è infatti su ogni scheda uno spazio apposito in cui viene segnata la categoria grammaticale con uno strumento elettrosensibile, che diventa quindi elaborabile con la tecnica del "mark-sensing".

Uno dei motivi per i quali la linguistica matematica è ancora agli inizi in Italia è la comprensione piuttosto scarsa tra linguisti e matematici. Del resto il guaio non è solo nostro, perchè tale carenza è sentita anche in paesi tecnologicamente più avanzati. Inoltre i nostri centri di calcolo sono intasati, e hanno tempi di risposta molto lunghi. Ciò è particolarmente svantaggioso per i problemi di linguistica, in quanto questi trattano enormi quantità di dati, sull'ordine delle parecchie decine di migliaia. La probabilità di errore da parte dell'operatore manuale che immette tali dati è piuttosto alta e la correzione risulta lunga e faticosa, con tempi morti enormi.

Per fare il Lessico Italiano di Frequenza (LIF) (1) fu usato un sistema a schede perforate, con seconda perforazione di controllo. La macchina si fermava dove trovava discrepanza tra le due perforazioni, e indicava un errore. Gli errori di perforazione si aggirarono in quel caso sul 4% delle schede perforate, ridotto al 4 per mille con la seconda perforazione di controllo. I tempi per tale lavoro, che rimane il più grosso lavoro nel campo della lingua italiana, sono stati lunghissimi.

3. Statistiche sulla lingua parlata

Assai pochi lavori di linguistica assistita da calcolatore si sono rivolti al parlato. Ciò è dovuto probabilmente al fatto che la lingua parlata è molto meno standardizzata di quella scritta, il che comporta problemi di scelta del campione molto più difficili che non uno studio sullo scritto. L'inflessione dialettale o comunque regionale fornisce una varietà di dati tale da porre numerosi problemi di normalizzazione. Eppure la lingua parlata, specie quella dei grandi mezzi di comunicazione di massa, come la radio o la televisione, è considerata il fattore linguistico maggiormente unificante in una comunità etnica.

Gli studi condotti nei laboratori della Bell Telephone per l'inglese sembrano ancora i più validi. Tuttavia il principale di questi (2), dopo varie prove di registrazione di parlato reale, ha ripiegato su conversazioni modello estratte da libri di didattica dell'inglese per stranieri, trascritte foneticamente secondo la pronuncia dell'Inghilterra meridionale.

Nella pubblicazione è citata solo la casa produttrice del calcolatore usato, ma non il modello specifico, per cui non si sa con precisione su quale macchina è stata compiuta l'elaborazione. Ciò purtroppo è una lacuna abbastanza frequente in lavori di questo genere: il linguista dà scarso rilievo al fatto tecnico, e spesso non si preoccupa di un uso ottimale della macchina. A volte egli stesso non sa su quale macchina è stato eseguito il calcolo, in quanto è rimasto completamente estraneo alla fase elaborativa, avendola demandata per intero ad un centro di calcolo. Ciò rende difficili certi confronti sulle potenzialità dei calcolatori, che invece sarebbero molto interessanti.

Un grosso lavoro statistico sull'inglese parlato è stato eseguito presso l'università di California (3). Sono state raccolte numerose registrazioni di conversazioni; tra gli scopi principali c'era quello di verificare alcune costrizioni articolatorie nella pronuncia di successioni di fonemi. Questa verifica appare estremamente interessante non soltanto per i ricercatori di fonetica, a livello teorico, bensì anche per chi è interessato alla foniatra e alla logopedia. Tra l'altro, lo studio delle costrizioni articolatorie e di come un fonema condiziona il successivo, o è condizionato a sua volta, può dire

una parola decisiva sulla validità di certi modelli proposti di distanze tra fonemi. Apparirebbe plausibile che i fonemi che più facilmente si trovano vicini nelle parole siano anche non troppo "distanti" come luogo della bocca in cui vengono articolati, in quanto è difficile che i muscoli orali possano cambiare configurazioni troppo rapidamente.
Per l'italiano parlato, lo studio di Busa et al. (4) è stato per lungo tempo l'unico che riportava statistiche di fonemi. Anche tale studio era però elaborato sulla base di un testo teatrale scritto, di argomento vario, che si prestava come un buon surrogato di lingua colloquiale parlata, anche se letteraria. Sulla base di tali statistiche, Debiasi e Valli (5) hanno costruito nel 1968 un modello di sorgente dell'italiano parlato, simulato mediante un sistema a stati finiti, da usare in prove di intelligibilità della parola. Il modello è piuttosto rudimentale, in quanto a quell'epoca non esistevano statistiche per i bifonemi e per catene più lunghe di fonemi. Attualmente una statistica del genere è già stata compiuta, e i risultati definitivi sono già acquisiti, per quanto non ancora pubblicati.

4. Uso del calcolatore per un'interpretazione geometrica

Anche per certi studi di fonetica è molto interessante l'identificazione dei parametri significativi. Attualmente i fonemi della lingua italiana vengono classificati secondo varie categorie di due grandi tipi: uno è il tipo articolatorio che si riferisce alla produzione del suono, l'altro è il tipo acustico, che si riferisce invece a come il suono viene percepito. Al primo tipo appartiene la suddivisione per modo di articolazione, oppure per luogo. Ad esempio le consonanti della lingua italiana si possono suddividere, secondo il modo di articolazione in occlusive, nasali, fricative, vibranti, laterali, affricate. Se si prende in considerazione il luogo di articolazione, una possibile suddivisione è la seguente: bilabiali, labiodentali, dentali, palatali, velari; una classificazione più rozza le raggruppa in anteriori, centrali, posteriori. Una statistica (6) riguardante il modo di articolazione assegna alle occlusive il 37% delle occorrenze, mentre, per quanto riguarda il luogo, le dentali coprono quasi il 70% delle occorenze. Un'altra suddivisione si ottiene tramite caratterizzazioni di tipo acustico, che sono assai più empiriche; una classificazione di questo tipo è la seguente: turbolento, vocalico, compatto, diffuso, grave, nasale, continuo, sonoro, stridente, teso. Ogni fonema si può considerare come un elemento di prodotto cartesiano, i cui assi coordinati sono i "tratti", cioè i gruppi di una di queste suddivisioni. Ad esempio, se si sceglie la classificazione per tratti acustici, i fonemi della lingua italiana si distribuiscono in uno spazio a dieci dimensioni, che è un prodotto cartesiano di dieci fattori ognuno dei quali è rappresentato da un tratto. I valori delle coordinate che un fonema può assumere su ciascuno di questi fattori sono +1, 0, -1, a seconda se il fonema risponde positivamente a quel tratto caratteristico, o gli è indifferente, oppure risponde negativamente. Se si considerano solamente i fonemi consonantici, il numero delle dimensioni si può ridurre a sette, perchè ai tre tratti distintivi "vocalico", "diffuso", "teso", tutte le consonanti rispondono allo stesso modo, e quindi essi servono soltanto per differenziare le vocali. In altre parole, le funzioni "consonanti" sono costanti sulla sottovarietà dello spazio a dieci dimensioni generata dai tre tratti in questione. Come si vede, l'abbassamento di dimensioni qui si ottiene con considerazioni di carattere linguistico.
Il calcolatore può intervenire in questo abbassamento di dimensioni se si fanno considerazioni di carattere statistico, ad esempio usando l'analisi multivariata. Uno dei suoi metodi è la riduzione alle componenti principali. In questo modello la varianza spiegata dall'insieme completo dei tratti è la somma delle varianze di ogni singolo tratto; è quindi interessante operare una rotazione di assi, in modo che la maggior parte della varianza venga spiegata da un minor numero di componenti. Vari sono i procedimenti tramite i quali un calcolatore fornisce una buona approssimazione delle componenti principali. Si parte da una matrice n x m, di n variabili osservate m volte, nel nostro caso il numero delle variabili è il numero dei tratti, il numero delle osservazioni è il numero dei fonemi su cui si effettua la misurazione. Il calcolatore riduce questa matrice ad una matrice di covarianza n x n, e quindi ne trova gli autovalori a partire dal più grande tramite un procedimento ricorsivo. Gli autovalori forniscono già, in ordine decrescente, le percentuali di varianza spiegate dalle singole variabili.
Uno studio completo per il calcolo della varianza spiegata dai singoli tratti per i fonemi della lingua italiana è per ora soltanto agli inizi presso l'università di Padova. Un'interessante applicazione di un modello simile è stata effettuata a Soesterberg (vd. 7), per 15 suoni vocalici dell'olandese. In quel caso le osservazioni furono fatte così: dieci speakers pronunciano i quindici suoni vocalici, i quali passavano attraverso 18 filtri di banda, da 105 Hz a 11000 Hz. Per l'esame dello spettro delle frequenze la "nuvola" di 150 punti si disponeva quindi in uno spazio a 18 dimensioni. Evidentemente i "centri di gravità" dell'insieme delle 15 vocali erano diversi a seconda degli speakers, per cui i dati sono stati normalizzati in modo che tali centri di gravità venissero tutti a coincidere per ogni singola vocale. Vari altri tipi di normalizzazione sono stati usati per limitare l'incidenza della diversità di intensità e di velocità delle singole voci. Inoltre è quasi sempre stata usata la sequenza fonetica h-vocale-t, per rendere le emissioni di voce per le varie vocali il più possibile paragonabili tra loro. È stato notato che le bande di frequenza tra 500 e 5000Hz sono le più significative per la distinzione delle vocali; comunque il contributo più alto in varianza eccedeva di poco il 12% della varianza totale. L'analisi in componenti principali effettuata dal computer ha fornito invece un nuovo sistema di assi nel quale le prime due dimensioni spiegavano già il 68,4% della varianza, per giungere all'84,1% con le prime quattro dimensioni e superare il 90% con le prime sei. Si notò anche che le percentuali di varian-

za spiegate dalla quinta e dalla sesta componente erano in gran parte dovute alla diversità delle voci. Infatti un'analisi fattoriale eseguita sulla media dei dieci speakers condusse al risultato che le prime quattro componenti mediate spiegavano già il 96,4% della varianza totale.
L'utilità di questi risultati è evidente per qualsiasi tecnica di riconoscimento delle vocali, in quanto i parametri che bastano per identificarle sono in pratica quattro soli. Il calcolatore classifica la vocale come quella corrispondente al centro di gravità più vicino. Quindi il riconoscimento della vocale è affetto da una certa alea. Tuttavia una controprova dette buoni risultati, perchè con questo metodo fu esattamente riconosciuto il 90% delle vocali; utilizzando soltanto le prime due dimensioni, la percentuale di riconoscimento fu ancora del 75%.
Ben più difficile è l'uso dell'analisi in componenti principali per il riconoscimento dei fonemi consonantici, in quanto questi non hanno delle frequenze formanti ben chiare, e durano un tempo assai più breve. Per le vocali sono abbastanza evidenti le frequenze formanti, per cui un numero di filtri piuttosto limitato è sufficiente per poter classificare di quale vocale si tratta.

5. Tempi e costi dell'analisi linguistica con elaboratore

La lingua italiana, come parlata al Telegiornale, è stata l'oggetto di uno studio del Centro di Fonetica del CNR e dell'Istituto di Matematica Applicatadell'Università di Padova (6). Il telegiornale è, secondo i dati dell'ISTAT, la trasmissione maggiormente ascoltata, perciò è quella che ha maggiori possibilità unificatorie sulla pronuncia e sul linguaggio degli italiani. In occasione di tale lavoro è sembrato interessante effettuare un confronto di tempi di elaborazioni tra calcolatori medio-grandi di un centro di calcolo e calcolatori del tipo mini-computer da tavolo.
I tempi di elaborazione del mini-computer sono ovviamente assai più lunghi di quelli del calcolatore medio-grande, con un rapporto che può andare da cinque a otto volte. Per il LIF (1) l'elaborazione di circa 100.000 parole (lunghezza di ogni sottocampione), per fornire liste di frequenza e concordanze per forma, ha occupato circa 6 ore, delle quali tre necessarie per la semplice stampa dei risultati. In quel caso il tempo del calcolatore fu circa il 2,7% del tempo dedicato alla sola perforazione delle schede.
Il tempo necessario al calcolatore per elaborare e stampare è quindi di importanza assai secondaria rispetto a quello necessario anche per la semplice impostazione dei dati. Diversa è la proporzione dei tempi quando si è ai limiti della capacità di memoria. Ad esempio la memoria centrale di soli 16 K-byte di cui era dotato il minicomputer usato in (6) si è dimostrata una limitazione molto grave. Essa ha costretto gli "addetti ai lavori" a uno spezzamento in otto parti di un testo di lunghezza ottimale di circa 70.000 fonemi. Il supporto esterno, costituito da un disco di circa 250 K-byte, è apparso invece a malapena sufficiente. Il semplice aumento della memoria centrale da 16 a 32 K ha permesso invece l'elaborazione di un programma che forniva gli stessi risultati in un tempo circa 7 volte più breve.
In generale gli studi di statistica linguistica utilizzano campioni eventualmente molto più grandi, ma suddivisi in sottocampioni che raramente eccedono i 50.000 elementi. Se questi elementi sono parole, data la lunghezza media delle parole dell'italiano, ciò comporta circa 330 K, compresi spazi e punteggiature quando si tratta di lingua scritta, o pause di diversa lunghezza quando si tratta di lingua parlata. Se gli elementi sono singoli grafemi o fonemi, i dati occupano circa 50 K. L'intero campione del resto non può essere suddiviso in sottocampioni troppo piccoli: ciò non solo renderebbe impossibile un'indagine a livello di frase, ma toglierebbe significatività anche ad un'analisi a livello di sillabe, o anche di semplici fonemi. Infatti, se si vuole una statistica sull'italiano parlato, c'è bisogno di un campione che tratti di argomenti vari, ma che si soffermi anche discretamente a lungo su ciascuno di essi, per poter registrare frasi e nessi anche con ripetizioni, quali sono quelle che intervengono nelle conversazioni.
Dopo la scelta del campione, è necessaria la sua trascrizione in un linguaggio accettabile per la macchina. Ad esempio, bisogna scegliere come esprimere i segni diacritici, come trattare gli accenti o le consonanti doppie. Tale trascrizione non è in genere affidabile ad un operatore manuale senza altra qualificazione, perchè si tratta di fare scelte in funzione del calcolatore, ma pur sempre scelte linguistiche. Sono comunque assai frequenti gli errori di trascrizione, per cui un calcolatore a schede perforate porterebbe ad una enorme perdita di tempo per le correzioni. Invece un calcolatore dotato di video è più pratico per lo studioso, in quanto gli errori sono molto facilmente visibili ancora in fase di scrittura, e le correzioni sono più rapide ed economiche. Inoltre, se il testo viene memorizzato con errori su un supporto esterno, è assai più facile richiamare sul video la riga da correggere ed eseguire la correzione che non cercare in un pacco una scheda sbagliata, perforarne una correttamente e sostituire la nuova alla vecchia. Il tempo di correzione su computer con video è circa un quarto di quello necessario per un calcolatore a schede. Ancora maggiore è poi la comodità di correzione quando c'è un errore nel programma.
La limitatezza della memoria può costringere ad uno spezzamento in blocchi del campione, con conseguente complicazione per i riordinamenti complessivi e i conteggi totali. Tutavia con una accorta amministrazione dei supporti esterni si può ovviare anche a questo inconveniente, se ci si adatta a tempi-macchina un po' lunghi. Ad esempio per un testo di 10.000 fonemi lo spezzamento in n-uple di lunghezza da 3 a 6 elementi, e il loro riordinamento completo, compresa la stampa delle loro frequenze, ha occupato dalle 3 alle 4 ore.
Un altro elemento che gioca nell'uso di un calcolatore per studi di statistica linguistica è il costo. Solitamente, come abbiamo detto, i tempi di elaborazione sono

brevi rispetto a quelli necessari per l'immissione di una grande massa di dati. Il costo è pertanto caricato sulla fase di immissione, oltre che su eventuali errori di programmazione. Un mini-computer ha un costo base paragonabile al canone annuo che la SIP richiede per un collegamento telefonico tra un grosso terminale e un calcolatore a time-sharing a circa 130 KM. di distanza. Inoltre, lavorare tramite un terminale che fa capo a un grosso calcolatore significa dover sottostare alla gestione di quest'ultimo, che in genere lavora realmente non più di quattro giorni alla settimana, con rigorose fasce di precedenza. Capita perciò che, pur essendo brevi i tempi di elaborazione, i tempi per ottenere i risultati vengano molto dilatati.

6. Prospettive

Data la facile manovrabilità e il costo di gestione minimo, il mini-computer si va diffondendo in Italia nei centri universitari che si occupano di linguistica o di glottodidattica, come ad esempio Bari, Brescia, Padova.

Un impulso assai più energico dovrebbe inoltre venire dal progetto finalizzato"Didattica" del CNR, dichiarato già a livello di fattibilità. Infatti, nonostante parecchie perplessità sorte sull'uso dei calcolatori nell'istruzione (dopo i primi entusiasmi troppo accesi.....), si vorrebbe costituire tutta una rete di piccoli calcolatori al servizio dell'insegnamento delle materie più svariate, tra le quali si trovano le lingue, sia quella italiana che quelle straniere. Tuttavia gli esperimenti finora affermatisi in Italia (ad esempio nelle università di Pavia e Genova) sono quasi esclusivamente afferenti a materie scientifiche, come analisi matematica, algebra lineare, analisi numerica, fisica e informatica. Ciò è dovuto principalmente alla scarsa capacità di aggancio reciproco tra cultori di materie umanistiche e programmatori, per cui alcuni programmi per l'insegnamento delle lingue, che pur vengono usati negli Stati Uniti, non vengono adattati alla didattica e alla scuola italiana. Neanche i lavori di H. Frank e del suo istituto di Pedagogia Cibernetica in Germania sono molto conosciuti in Italia, tanto che esiste la traduzione italiana di una sola delle sue opere (8). Invece certamente anche il docente di lingue potrà giovarsi del calcolatore, ad esempio per immagazzinare dati come frequenze di errori o efficacia delle correzioni. Inoltre si possono elaborare numerosi programmi di apprendimento, che ovviamente non si sostituirebbero all'insegnante, ma potrebbero essere una valida alternativa al libro di testo. Tuttavia, al momento attuale, la classe docente anche di materie scientifiche non appare ancora preparata ad un uso massiccio del calcolatore nella didattica.

Si può concludere dicendo che il calcolatore usato per attività linguistiche ha un'utilità plurima. Innanzi tutto esso raccoglie, elabora e classifica dati che altrimenti sarebbe impssibile trattare. Inoltre esso causa una continua osmosi tra cultori di scienze umanistiche e cultori di informatica, favorendo possibilità di lavori di gruppo a livello interdisciplinare, che è la giusta risposta ad una troppo sofisticata e ristretta specializzazione dei singoli. Infine ci si rende conto che la macchina altera fortemente le condizioni del lavoro, e perciò qualsiasi scienza, una volta che essa venga gestita dal calcolatore, cambia i propri connotati, e va trattata come una scienza nuova.

Nota:
Questo lavoro è stato eseguito nell'ambito del Gruppo Nazionale per l'Informatica Matematica del CNR.

7. Bibliografia

(1) U. BORTOLINI, C. TAGLIAVINI, A. ZAMPOLLI: "Lessico di frequenza della lingua italiana contemporanea"; ed. IBM Italia, 1971

(2) P. B. DENES: "On the Statistcs of spoken english", JASA, vol. 35, 6, 1964

(3) E. CARTERETTE, M.HUBBARD JONES: "Informal speech", Univ. Calfornia Press, 1974

(4) R. BUSA, C. CROATTO-MARTINOLLI, L. CROATTO, C. TAGLIAVINI, A. ZAMPOLLI: "Una ricerca statistica sulla composizione fonologica della lingua italiana parlata", Proc. 12th Int. Speech & Voice Therapy Conference, Padova, 1962

(5) G. B. DEBIASI, G. A. VALLI: "Sorgenti di messaggi per prove di intelligibilità della parola", Mem. Acc. Pat. Sc. Lett. Arti, 1968, LXXX, pp. 293-314

(6) U. BORTOLINI, F. DEGAN, C. MINNAJA, L. PACCAGNELLA, G. ZILLI: "Statistics for a stochastic model of spoken italian", Proc. 12th Int. Congress of Linguists, Vienna, 1977 (in corso di stampa)

(7) R. PLOMP, L. C. W. POLS, J. P. VAN DE GEER: "Dimensional analysis of vowel spectra", JASA, vol. 41, 3, 1967, pp. 707-712

(8) H. FRANK: "Pedagogia e cibernetica", Armando Editore, Roma, 1974.

L'elaborazione elettronica nell'industria manifatturiera italiana

BRUNA SPATARO
Servizio Ricerche e Sviluppo Marketing
Honeywell Information Systems Italia

1. Introduzione

In pochi settori dell'economia italiana il processo di diffusione dell'informatica ha espresso, negli ultimi anni, ritmi così sostenuti come nell'industria manifatturiera: il tasso medio annuo di sviluppo del parco elaboratori, nel periodo 1974-76, è risultato pari infatti all'11.4% in numero di sistemi e al 19.6% in valore mentre a livello di media generale si sono registrati tassi rispettivamente del 10.9% e del 18.5%.
Gli elaboratori installati attualmente nell'industria manifatturiera rappresentano inoltre circa il 43% del totale nazionale in termini di unità, ed il 38% in termini di valore, data la prevalenza dei piccoli sistemi.
Nonostante la dinamica accentuata della domanda, il settore in esame si caratterizza per un tasso di penetrazione EDP ancora molto contenuto, indicativamente pari al 7.4%: il potenziale di imprese meccanizzabili supererebbe dunque le 31.000 unità, (considerando solo quelle con più di 20 addetti).
Il quadro sin qui esposto, se da un lato riflette ancora una volta la non adeguata diffusione dell'informatica nel contesto economico e industriale italiano (soprattutto in rapporto ai livelli di maturità realizzati negli altri paesi industrializzati), dall'altro pone in evidenza il progressivo affermarsi, anche in Italia, del ruolo dell'elaboratore elettronico come strumento di razionalizzazione dei processi amministrativi e gestionali delle imprese industriali.
Queste spinte razionalizzatrici, determinate dalla crescente complessità delle strutture organizzative delle imprese, dalla continua evoluzione delle tecnologie produttive e dagli stessi problemi posti dalla situazione economica congiunturale di medio periodo (sostenuta dinamica del costo del lavoro e dei prezzi delle materie prime, incremento delle esportazioni conseguente alla svalutazione della lira), trovano peraltro fattore di stimolo in alcune specifiche tendenze che caratterizzano attualmente l'offerta di informatica: il miglioramento del rapporto costo/prestazioni dei prodotti, la diffusa realizzazione di soluzioni applicative preconfezionate, l'evoluzione verso sistemi interattivi sempre più estesi.
Scopo del presente articolo è quello di valutare il livello attuale e le prospettive evolutive delle applicazioni EDP nelle industrie meccaniche di medie dimensioni, con riferimento sia agli aspetti quantitativi (aree interessate alla meccanizzazione), sia agli aspetti qualitativi (modalità operative, grado di sofisticazione, soluzioni applicative).
L'analisi è in particolare rivolta ad approfondire le implicazioni economiche derivanti dall'impiego dell'informatica nella gestione aziendale: in tale ottica si cercherà di verificare, sia pure in termini ancora empirici, l'esistenza di una connessione tra livelli di automazione di alcune aree applicative ed opportuni indicatori dell'efficienza aziendale.
L'universo di riferimento è stato circoscritto alle imprese meccaniche (incluse quelle costruttrici di mezzi di trasporto), al fine di consentire l'analisi delle applicazioni EDP in realtà produttive da un lato abbastanza omogenee e, dall'altro, caratterizzate da una domanda presumibilmente più matura in termini di soluzioni applicative: il settore meccanico assorbe infatti da solo più di un terzo degli elaboratori elettronici installati nell'intera industria manifatturiera, per un valore pari al 38% circa.
Le informazioni presentate nel seguito sono tratte da un'indagine realizzata nel Settembre 1977 su un campione rappresentativo di imprese meccanizzate da almeno un anno e localizzate in Lombardia, Piemonte, Emilia Romagna.

2. Stato della meccanizzazione

L'investimento nell'informatica si qualifica, per il campione di imprese considerate, in termini di una elevata anzianità: per oltre i tre quarti delle aziende, l'inizio della meccanizzazione è infatti anteriore al 1973.
Ne deriva un notevole grado di maturità della domanda EDP, che si caratterizza anche per una dinamica

piuttosto sostenuta (l'età media di installazione dei sistemi è di circa 3 anni).
Per quanto riguarda l'intensità, il fenomeno non sembra peraltro manifestare, sul piano globale, aspetti di particolare consistenza: la spesa media annua per l'informatica (hardware, software applicativo, personale del CED, spese generali, ecc.) risulta infatti pari a 182.4 milioni di lire e la relativa incidenza sul fatturato si aggira sull'1.2%. Più della metà dell'intero budget EDP (Fig. 1) è assorbita dalle spese di personale, mentre la frazione imputabile alla componenete hardware non raggiunge il 40% (equivalente a 72.2 milioni di canone annuo): mediamente le imprese considerate spendono dunque per il personale circa il 28% in più di quanto non spendano per il calcolatore.
L'uso dei terminali, che pur rappresenta una delle principali linee di sviluppo della domanda di informatica del settore, è limitato ad un terzo delle imprese, per una dotazione media di circa 7 terminali. Nella maggior parte dei casi si tratta di terminali di tipo "data collection, destinati cioè alla raccolta dei dati dove si producono, e al loro successivo invio all'elaboratore, o di tipo interattivo, con possibilità di interrogazione e/o aggiornamento degli archivi. Pochissime

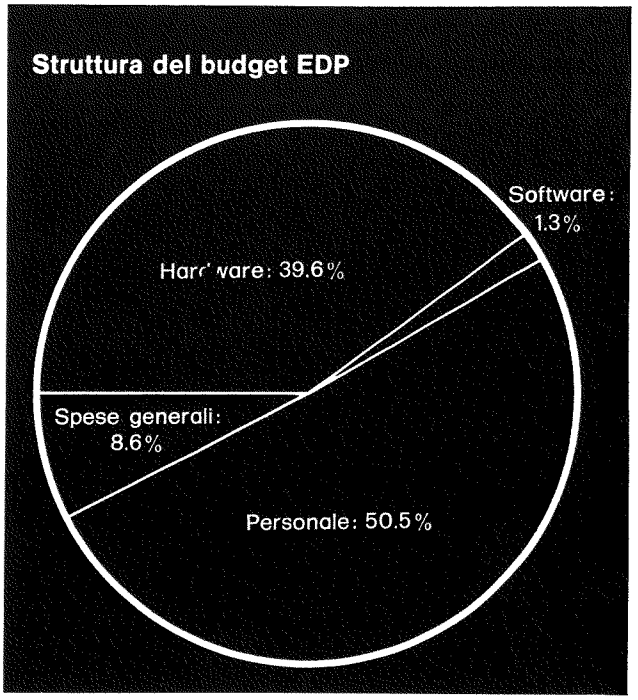


Fig. 1 - Struttura percentuale del budget EDP

Descrizione / Fatturato (miliardi)	5-10	10-15	15-25	25-50
Hardware	44.9	59.3	66.2	146.9
Software	3.5	3.9	4.1	9.8
Personale	51.3	69.6	91.6	197.9
Spese generali	9.0	11.3	16.1	33.5
Totale	106.3	141.4	175.1	385.6
Indice di variabilità	44.6%	34.4%	63.0%	50.0%

Fig. 2 - Composizione della spesa EDP per dimensione aziendale (valori medi in milioni di lire)

Fig. 3 - Composizione della spesa EDP per tipo di produzione (valori medi in milioni di lire)

Descrizione / Tipo di produzione	Serie	Commes.	Mista	Produz. Commer.
Hardware	34.2	72.9	84.7	91.0
Software	5.1	7.8	5.5	5.1
Personale	41.6	99.1	99.6	122.9
Spese generali	6.8	22.4	12.7	20.1
Totale	84.2	197.0	200.1	235.7
Indice di variabilità	33.5%	104.2%	35.7%	65.3%

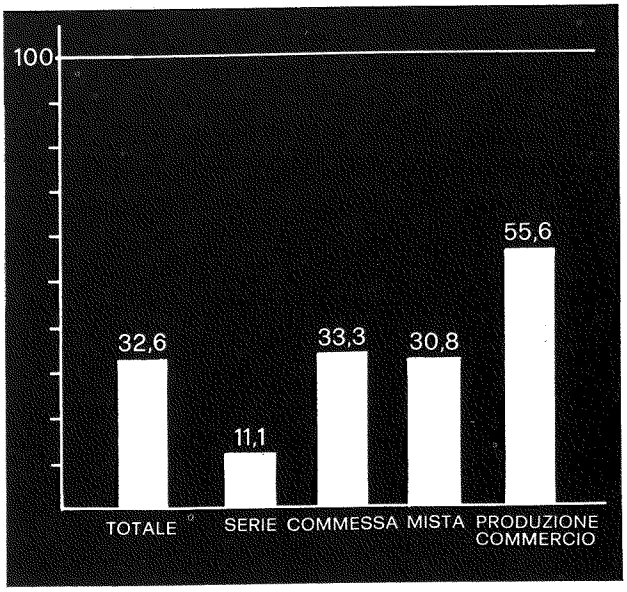


Fig. 4 - Numero imprese con terminali/numero imprese per tipo di produzione
(dati percentuali)

sono le aziende dotate di terminali intelligenti, capaci cioè di effettuare una prima elaborazione dei dati direttamente in periferia.

Spesa EDP e diffusione del teleprocessing risultano in generale correlate con la struttura dimensionale delle imprese.

L'analisi della spesa EDP (Fig. 2) rivela in particolare un alto indice di variabilità nella classe di imprese di medie dimensioni (15-25 miliardi di fatturato): queste sembrano cioè caratterizzarsi per un livello di meccanizzazione alquanto disomogeneo che potrebbe connettersi ad una fase di salto qualitativo e quantitativo dell'investimento in informatica.

Una conferma di tale ipotesi può derivare dal fatto che, in corrispondenza di questa fascia di imprese, si registra il più alto tasso di sviluppo in valore del parco potenziale (1) rispetto a quello installato: un tasso cioè che sfiora il 32% contro un valore medio del 18%.

Sempre in termini di potenzialità di sviluppo della domanda di informatica va anche sottolineato lo scarto decisamente rilevante (mediamente pari al 120%) per ogni componente della spesa EDP fra le aziende di questa fascia e di quella immediatamente superiore (25-50 miliardi).

L'investimento in informatica assume inoltre qualificazioni diverse a seconda del tipo di produzione delle imprese (Fig. 3 e 4). Quelle che producono in serie si caratterizzano per una spesa hardware e per personale che non raggiunge il 50% dei corrispondenti valori medi: l'incidenza del personale qualificato (analisti e programmatori) sulla staff EDP è molto bassa e, in connessione con le limitate dimensioni dei centri, il tasso di penetrazione del T.P. risulta particolarmente contenuto. Le aziende che producono su commessa si qualificano invece per una spesa allineata alla media per quanto riguarda l'hardware, ma più elevata per

(1) Parco potenziale = parco installato + ordini netti

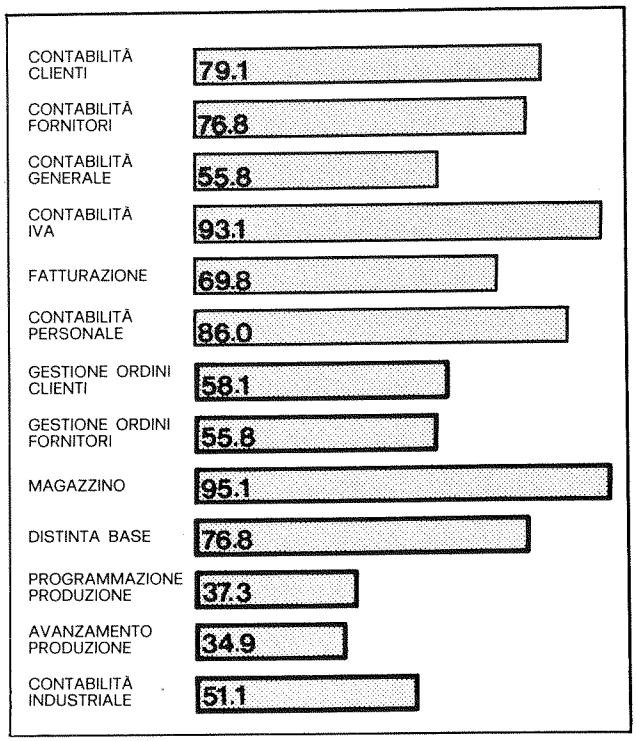
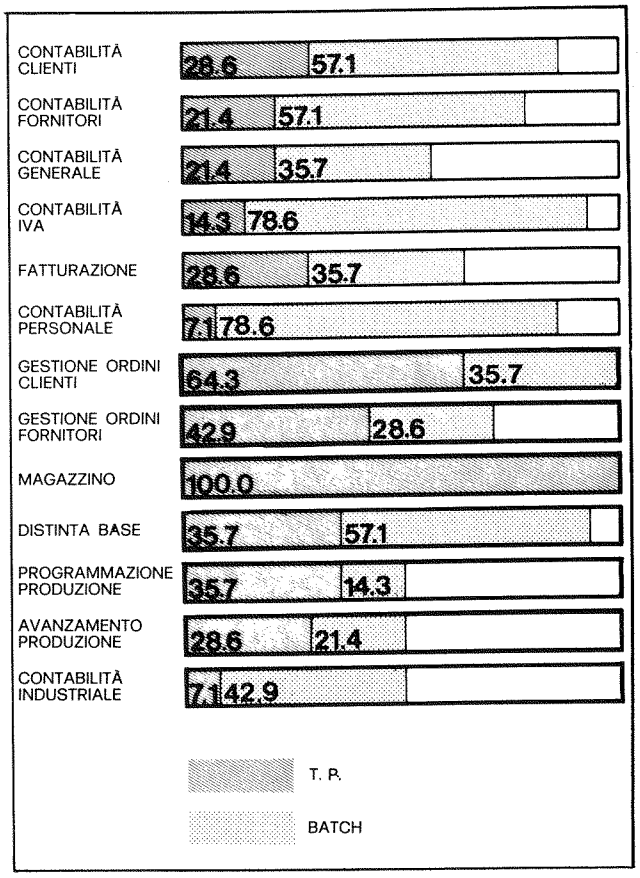


Fig. 5 - Livelli di meccanizzazione delle diverse procedure
(dati percentuali)

Fig. 6 - Modalità di automazione delle diverse procedure in aziende dotate di T.P.
(I dati sono in % rispetto a ciascuna procedura meccanizzata)

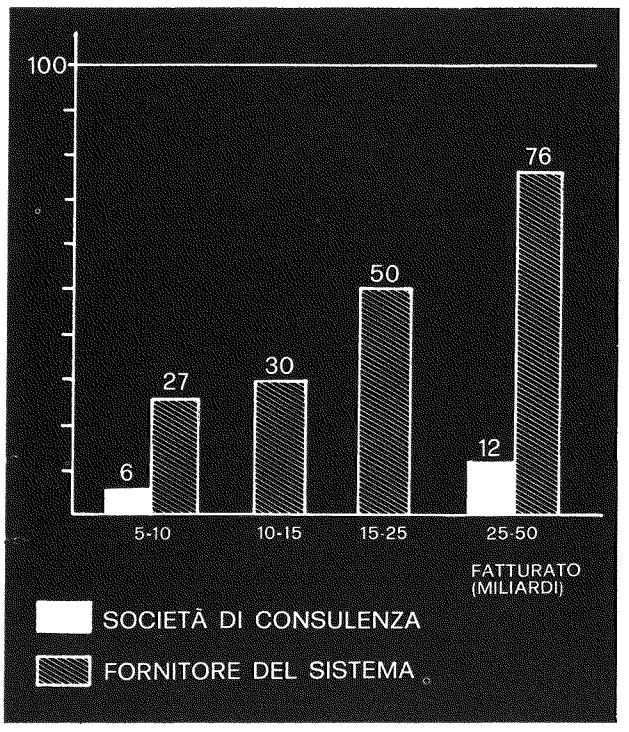


quanto riguarda il software e lo staff EDP, costituita per il 45% da personale qualificato. Fattori condizionanti un diverso modello di spesa nei due gruppi di imprese possono essere da un lato strutture dimensionali relativamente dissimili, dall'altro le stesse caratteristiche del processo produttivo utilizzato: la standardizzazione della produzione in serie sembra infatti determinare, almeno nella fascia dimensionale considerata, una minore propensione all'uso di strumenti automatici di elaborazione, mentre l'elevata personalizzazione della produzione su commessa impone, per la meccanizzazione dell'area produttiva, un investimento più consistente nel personale del CED e negli strumenti applicativi. Sempre imputabile ad uno sviluppo applicativo molto personalizzato è la variabilità particolarmente sostenuta della spesa EDP relativa a quest'ultimo tipo di imprese.
Le aziende che svolgono anche attività commerciale oltre a quella strettamente produttiva si qualificano per un investimento in informatica superiore del 30% rispetto alla media e per una diffusione decisamente rilevante del T.P.

3. Le applicazioni

Coerentemente con le caratteristiche di anzianità e di maturità della domanda di informatica espressa dall'industria meccanica, la fascia di aree applicative automatizzate (Fig. 5) risulta essere piuttosto estesa ed alta densità: ogni impresa ha infatti meccanizzato mediamente 9 procedure.
Per quanto riguarda le applicazioni connesse ai pocessi gestionali, queste risultano investite in termini particolarmente intensi dall'automazione EDP: pressochè generalizzata è infatti, ad esempio, la gestione automatica del magazzino. L'uso dell'elaboratore si articola tuttavia in modo alquanto differenziato secondo il tipo di procedura: se è vero che magazzino, distinta base, gestione ordini clienti e fornitori sono frequentemente meccanizzate, il livello di automazione diminuisce se si passa alla contabilità industriale, alla programmazione e all'avanzamento della produzione, procedure cui corrispondono le frequenze più basse di meccanizzazione. Tale fenomeno può essere interpretato in termini di uno sviluppo applicativo orientato verso obiettivi più strettamente gestionali che di pianificazione e controllo dell'attività produttiva. La maggior parte delle imprese limita cioè l'uso del calcolatore alla gestione del flusso degli input e output aziendali (gestione magazzino, ordini e approvigionamenti) e all'impostazione iniziale del ciclo di produzione (distinta base); soltanto poco più di un terzo delle imprese, prevalentemente di grandi dimensioni, utilizza l'automazione EDP anche come strumento per seguire e correggere il processo di trasformazione interna degli input in output, in vista di una sua razionalizzazione ed ottimizzazione.
Per quanto riguarda le applicazioni di carattere contabile-amministrativo, si riscontrano (salvo che per la contabilità IVA) tassi di meccanizzazione allineati, se non inferiori, rispetto ad alcune applicazioni connesse alla produzione: la contabilità generale, ad esempio, risulta essere automatizzata soltanto dal 56% delle imprese. Alquanto diffuso è invece l'impiego di macchine elettrocontabili, esteso al 40% delle aziende, o il ricorso al Service. Questi risultati (che non sembrano peraltro correlati con le dimensioni aziendali e dei centri EDP) pongono in evidenza, come, sia pure con le qualificazioni precedentemente esposte, le esigenze principali di razionalizzazione espresse dal settore industriale considerato riguardino soprattutto quelle aree che svolgono un ruolo cruciale per l'efficienza aziendale: magazzino e produzione. Ne è una conferma il fatto che quasi il 50% delle imprese identifichino proprio in queste aree le prime applicazioni dello strumento EDP.
Gestione magazzino e ordini clienti, programmazione e avanzamento della produzione sono inoltre le procedure maggiormente investite dalla meccanizzazione in T.P. (Fig. 6). Va in particolare sottolineato come tutte le imprese dotate di T.P. utilizzino almeno un terminale per interrogazioni sulla disponibilità di prodotti finiti a magazzino. La gestione on-line degli ordini clienti e della produzione riguarda rispettivamente i 2/3 ed i 3/4 delle aziende con T.P.: si tratta generalmente nel primo caso di terminali di tipo "inquiry" (per interrogazioni sul portafogli ordini) e nel secondo caso di terminali "data collection" (destinati cioè alla raccolta dei dati contenuti nelle bolle di lavorazione).
I livelli applicativi risultano notevolmente differenziati in funzione del tipo di produzione aziendale. Le imprese che producono in serie si caratterizzano per un'automazione orientata essenzialmente alla gestione delle procedure contabili-amministrative (in particolare la fatturazione), degli ordini clienti/fornitori (in connes-

Fig. 7 - Utilizzo di software applicativo esterno per dimensione aziendale
(Dati percentuali)



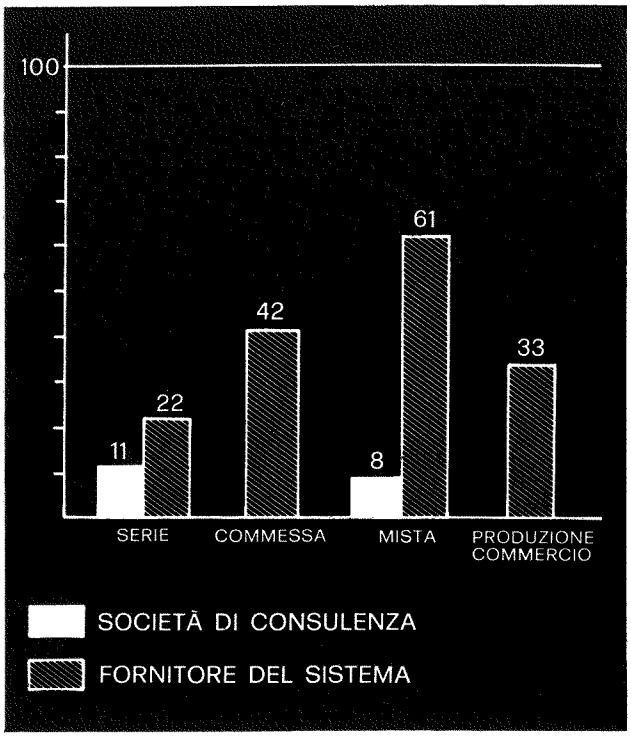


Fig. 8 - Utilizzo di software applicativo esterno per tipo di produzione
(Dati percentuali)

sione agli alti volumi). La standardizzazione del processo produttivo in serie sembra pertanto, come già osservato con riferimento alla spesa EDP, non sollecitare l'utilizzo dell'informatica come strumento di controllo e di razionalizzazione della gestione. Per la produzione su commessa, l'automazione EDP svolge invece un ruolo di strumento operativo indispensabile: la meccanizzazione della contabilità industriale, realizzata dai 2/3 delle imprese, consente ad esempio di aggiornare correttamente, in base al consumo di materie prime (magazzino e gestione ordini fornitori), e alle ore di lavoro impiegate (contabilità personale), il costo preventivo della commessa, fino alla determinazione del relativo costo consuntivo. I tassi di meccanizzazione piuttosto contenuti che si registrano in corrispondenza della distinta base, delle procedure strettamente contabili (specie la fatturazione) e della gestione ordini clienti, sono da attribuire prevalentemente alle difficoltà derivanti dalla "personalizzazione"del processo produttivo ed ai bassi volumi contabili. Nella produzione mista e nel "commercio" si concentra la più alta densità di applicazioni; in particolare i due settori si qualificano per l'elevato utilizzo del T.P. rispettivamente nell'area produttiva e nell'area gestione ordini/approvvigionamenti - fatturazione (dati gli alti volumi e le esigenze di tempestività). Con riferimento al settore di attività economica, le imprese elettromeccaniche risultano quelle maggiormente investite dalla meccanizzazione e dall'impiego del T.P. in quasi tutte le aree applicative: oltre al magazzino, anche gli ordini clienti (soprattutto per ricambi e interventi di assistenza tecnica) e la programmazione della produzione sono gestiti esclusivamente on-line.

L'utilizzo di software applicativo sviluppato all'esterno dell'azienda si caratterizza come un fenomeno di notevole consistenza: il tasso di penetrazione è infatti pari al 47%, e, nel 90% dei casi (18 delle imprese considerate), si tratta di pacchetti predisposti dal fornitore del sistema. Questi ultimi riguardano essenzialmente la gestione e controllo della produzione, quelle procedure cioè per la cui realizzazione è richiesto un maggiore investimento in termini di tempi e di personale EDP qualificato. Nel 56% dei casi si tratta inoltre di packages personalizzati.
Per quanto riguarda l'utilizzo di software applicativo sviluppato da società di consulenza, questo risulta limitato al 5% delle imprese e riguarda pressochè esclusivamente l'area contabile-amministrativa.
La diffusione di pacchetti applicativi e la spesa relativa risultano strettamente correlati alla struttura dimensionale delle imprese: l'incremento della spesa all'aumentare della dimensione aziendale è funzione della maggiore numerosità e complessità dei pacchetti utilizzati. Soprattutto le grandi aziende (con fatturato superiore ai 25 miliardi) si caratterizzano infatti per l'esteso impiego di pacchetti orientati alla gestione integrata di tutta l'area relativa alla produzione: va sottolineato come una maggiore sofisticazione comporti la necessità di livelli sempre più accentuati di personalizzazione.
Passando ad esaminare brevemente le modalità di sviluppo applicativo con riferimento al tipo di produzione aziendale, si può osservare come alla produzione mista corrisponda il tasso di impiego di pacchetti applicativi più elevato (61% per quelli del fornitore), e, in connessione anche con la contenuta esigenza di personalizzazione (limitata al 37% dei casi), una spesa allineata su quella media, pari cioè a 5.5 milioni l'anno.
Per la produzione su commessa, l'impiego di pacchetti applicativi, esteso al 42% delle imprese, manifesta caratteristiche opposte a quelle rilevate per la mista: una spesa media alquanto consistente (8 milioni l'anno) ed una frequenza di adattamento altrettanto elevata (pari al 60%): ciò conferma nuovamente come la meccanizzazione dell'area produttiva risulti onerosa per questo tipo di produzione.
La situazione espressa dalla "serie" (solo un terzo delle imprese utilizza pacchetti applicativi con una spesa media assai modesta) sembra confermare uno scarso interesse allo sviluppo di applicazioni legate alla gestione della produzione.

4. Potenzialità di sviluppo applicativo

Quasi l'80% delle imprese considerate hanno espresso programmi di sviluppi applicativi per il biennio 1978-79, con riferimento sia alla meccanizzazione di nuove procedure, sia al miglioramento delle applicazioni già automatizzate (eventuale gestione in T.P., integrazioni, ecc.).
Va sottolineato come, nel 56% dei casi, tali programmi applicativi siano supportati da un incremento della dotazione hardware e/o da una espansione del T.P. Quest'ultimo rappresenta in particolare una delle caratteristiche più significative della domanda potenziale

di informatica dell'industria meccanica: il 31% delle imprese attualmente dotate di sistemi batch ha infatti in ordine terminali ed il 36% delle imprese già dotate di Teleprocessing ha in ordine un aumento del numero di terminali. Ne deriva un incremento del 64% per quanto riguarda la penetrazione del T.P. e del 94% relativamente al parco terminali.
I nuovi sistemi applicativi sono ancora legati, prevalentemente, all'area della produzione; se, in una prima fase, l'automazione era vista in un'ottica più strettamente gestionale, sembra acquistare rilievo, a livello potenziale, l'uso dell'EDP come strumento di pianificazione e controllo. Un certo incremento presenta anche la meccanizzazione della contabilità generale e della gestione ordini fornitori.
In termini di revisione di procedure già meccanizzate, il passaggio dal batch al T.P. riguarda essenzialmente le aree di avanzamento e programmazione produzione, magazzino e distinta base.
In termini di nuovi sviluppi applicativi, l'uso del T.P. è ancora piuttosto contenuto e limitato ad imprese con più di 15 miliardi di fatturato.
L'utilizzo di soluzioni applicative pre-confezionate rappresenta, oltre all'impiego del Teleprocessing, un'altra tendenza che caratterizza la fase attuale e potenziale di concreto sviluppo della domanda di informatica del settore: il 26% delle imprese che intendono meccanizzare applicazioni legate all'area della produzione, prevedono infatti l'impiego di packages sviluppati dal fornitore del sistema.

5. Valutazione economica dell'investimento nell'informatica

Uno degli scopi specifici dell'indagine qui riassunta è stato quello di verificare (sia pure in via di prima approssimazione) se, e in che misura, l'investimento nell'informatica comporti una redditività economica, nel duplice aspetto di riduzione di costi e di incremento di ricavi.
Infatti lo sviluppo di un sistema informativo automatizzato, comportando l'impiego di una serie di risorse economico-finanziarie (impianti, personale EDP, prodotti applicativi standard o servizi esterni di software, locali, cancelleria, ecc.), può essere concepito come un investimento che l'azienda compie per conseguire, direttamente o indirettamente, dei benefici economici (contenimento dell'organico impiegatizio, riduzione di immobilizzi, miglioramento del "cash flow", servizio più efficiente alla clientela, disponibilità di informazioni migliori e più tempestive ecc.).
La valutazione dei benefici derivanti dall'impiego dell'informatica rappresenta certamente un problema abbastanza complesso: se infatti le economie o le riduzioni di costi (prevalentemente quelle riguardanti il lavoro impiegatizio d'ordine) direttamente realizzabili automatizzando un processo possono essere piuttosto facilmente quantificate, ciò non vale altrettanto per quanto riguarda i vantaggi, e quindi i maggiori ricavi, indirettamente conseguibili grazie alla disponibilità, in termini sistematici, di tutte le informazioni necessarie per programmare, correggere ed ottimizzare altri tipi di investimento.
L'analisi è stata condotta su due piani diversi: da un lato si sono rilevati gli obiettivi della meccanizzazione EDP, il tipo di calcolo economico effettuato dalle aziende intervistate ed i risultati conseguiti, dall'altro si è analizzato il valore assunto da opportuni indicatori dell'efficienza aziendale in connessione al grado di meccanizzazione di alcune aree applicative.
Per il 42% delle aziende l'acquisizione di un centro EDP è stata una scelta alternativa all'incremento dell'organico impiegatizio, per far fronte agli eventuali volumi di lavoro amministrativo derivanti dall'espansione aziendale (l'obiettivo era quindi una riduzione o contenimento di costi diretti). 5 imprese (12%) definiscono addirittura il loro primo elaboratore uno "strumento indispensabile" per risolvere una situazione di crisi venutasi a creare nell'area amministrativo-contabile.
Negli altri casi l'obiettivo principale della meccanizzazione è stato una riduzione di immobilizzi (23%) o una migliore gestione del capitale circolante (11%), o infine una migliore gestione in generale (12%).
Benchè dunque gli obiettivi di prima meccanizzazione siano stati direttamente o indirettamente connessi ad una serie di benefici economici attesi, soltanto 10 delle imprese contattate (circa il 23%) hanno effettuato l'investimento nel campo EDP sulla base di un calcolo economico formalizzato (analisi costi-benefici). Delle rimanenti, il 28% hanno preso in considerazione, a fronte dei costi da sostenere, soltanto benefici di tipo qualitativo (migliore gestione, tempestività delle informazioni, od anche contenimento dell'organico e riduzione di immobilizzi, ma senza alcuna quantificazione), mentre il 49% si è limitato ad una analisi competitiva (costo/prestazioni) dei diversi elaboratori sul mercato, o non ha effettuato alcun tipo di analisi.
Quasi tutte le imprese intervistate hanno dichiarato di avere conseguito gli obiettivi in vista dei quali si erano meccanizzate, ma ben poche, e praticamente solo quelle che tuttora redigono un bilancio economico consuntivo per il CED, sono state in grado di quantizzare i benefici conseguiti.
Basti citare a tale proposito:

- il risparmio di sei persone nell'area della contabilità industriale, realizzato da un'impresa di medie dimensioni operante su commessa, in seguito alla meccanizzazione di tale procedura.
- Il raddoppio, nel giro di un anno, della rotazione di magazzino, ottenuto da un'altra impresa operante su commessa di grandi dimensioni, tramite la gestione integrata e simulata del magazzino e della produzione (va sottolineato che in tal modo l'azienda è riuscita ad evitare la Cassa Integrazione).
- Il miglioramento del cash-flow ralizzato da un'impresa con produzione di serie e con un'alta percentuale di esportazioni, tramite la gestione in T.P. degli ordini clienti e della fatturazione.

Dall'esame comparato dei dati forniti dalle imprese intervistate, si è effettuato un tentativo di prima approssimazione per misurare sinteticamente l'efficienza

dell'impiego dell'informatica in alcune aree applicative.

Si sono utilizzati i seguenti indicatori:

Indicatore	Beneficio
Impiegati addetti: Totale impiegati (%) (per magazzino, gestione ordini clienti e fornitori, produzione e contabilità industriale)	Contenimento dell'organico impiegatizio - Riduzione di costi
$\frac{\text{Valore vendite}}{\text{Valore magazzino}}$ = Rotazione magazzino (per magazzino e gestione ordini fornitori)	Riduzione di immobilizzi Incremento dei ricavi
$\frac{\text{Valore magazzino}}{\text{Capitale circolante}}$ = Grado di immobilizzo Capitale circolante (*) (per magazzino e gestione ordini clienti)	Migliore gestione del capitale circolante Incremento dei ricavi

(*) Per capitale circolante si è intesa la differenza tra attività correnti e passività correnti, considerando:
Attività correnti = cassa, conti bancari, crediti verso clienti, magazzini.
Passività correnti = debiti a breve termine (per un periodo inferiore ad un anno).

Fig. 9 - Efficienza della meccanizzazione: valore medio di alcuni indicatori per livello di automazione

Area	Indicatori	Livello di meccanizzazione					
		Manuale	Man/ batch	Batch	Batch/ T.P.	T.P.	Totale
Magazzino	$\frac{\text{Vendite}}{\text{V. magazzino}}$	3.60	3.64	4.21	4.31	5.35	4.34
	$\frac{\text{V. magazzino}}{\text{Cap. circolante}}$	-	1.50	1.37	1.03	0.55	1.16
	$\% \frac{\text{Impiegati}}{\text{Tot. impiegati}}$	-	6.2	4.4	4.1	1.8	4.0
Gestione ordini fornitori	$\frac{\text{Vendite}}{\text{V. magazzino}}$	3.93	-	4.36	-	5.67	4.34
Gestione ordini clienti	$\frac{\text{Magazzino}}{\text{Cap. circolante}}$	1.27	-	1.12	-	1.02	1.16
	$\% \frac{\text{Impiegati}}{\text{Tot. impiegati}}$	6.4	-	6.2	-	5.4	6.1
Produzione (Distinta base)	$\% \frac{\text{Impiegati}}{\text{Tot. impiegati}}$	14.7	-	10.1	-	8.7	11.3
Contabilità Industriale	$\% \frac{\text{Impiegati}}{\text{Tot. Impiegati}}$	2.7	1.8	1.6	-	1.5	1.7

Nella tabella riportata in fig. 9, abbiamo considerato il valore medio assunto dai diversi indicatori in corrispondenza di ciascun livello di meccanizzazione.
Benchè la limitata ampiezza del campione in esame non consenta di verificare la significatività statistica delle differenze osservate, i risultati sembrano tuttavia suggerire l'esistenza di una connessione tra livelli di meccanizzazione delle singole aree e relativa efficienza.
Va sottolineato l'effetto particolarmente sensibile della gestione in Teleprocessing su tutti gli indicatori considerati.

Un ulteriore incremento della rotazione media di magazzino viene, come risulta dalla tabella di fig. 10, dall'automazione congiunta e del magazzino e della gestione ordini fornitori; anche in questo caso a livelli di automazione più complessi corrisponde una maggiore rotazione.

Fig. 10 - Rotazione media annua del magazzino per livello di meccanizzazione del magazzino e della gestione ordini fornitori

Gestione ordini fornitori	Magazzino (*)			
	Manuale	Batch	Teleproc.	Totale
Manuale	3.60	4.00	3.90	3.93
Batch	-	4.20	5.11	4.36
Teleproc.	-	-	5.67	5.67
Totale	3.60	4.10	4.92	4.34

(*) Nella gestione batch e in quella T.P. sono state incluse rispettivamente la gestione manuale/batch e quella batch/ TP.